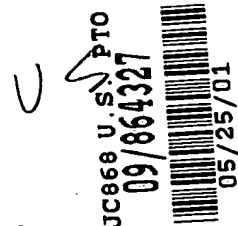


日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 5月30日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-160983

出 願 人

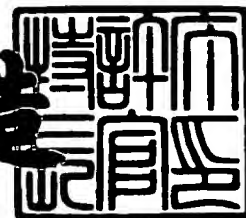
Applicant (s):

日本電気株式会社

2001年 3月23日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3023296

【書類名】 特許願

【整理番号】 34700777

【提出日】 平成12年 5月30日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01R 31/28

【発明の名称】 論理回路における故障箇所推定システム、及び、故障箇所推定方法、並びに、記録媒体

【請求項の数】 24

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

 【氏名】 重田 一樹

【特許出願人】

 【識別番号】 000004237

 【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100108578

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 高橋 詔男

【代理人】

 【識別番号】 100064908

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

 【識別番号】 100101465

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 青山 正和

【選任した代理人】

 【識別番号】 100108453

 【弁理士】

【氏名又は名称】 村山 靖彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9709418

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 論理回路における故障箇所推定システム、及び、故障箇所推定方法、並びに、記録媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定システムにおいて、

記憶装置に記憶された論理状態を参照して故障出力端子を検索する故障端子検索手段と、

前記故障出力端子に関係する部分回路を抽出する部分回路抽出手段と、

部分回路内の論理状態を推定して誤り伝搬経路を推定する部分回路内論理状態推定手段と、

論理状態を前記記憶装置に登録する論理状態登録手段と、

ノードから前記誤り伝搬経路を出力方向に追跡して、前記誤り伝搬経路上のノードが関係する故障出力端子を前記記憶装置に登録する第 1 の関係端子登録手段と

を備えたことを特徴とする故障箇所推定システム。

【請求項 2】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定システムにおいて、

前記故障箇所推定システムを構成する誤り伝搬経路推定装置が、

部分回路内の論理状態の推定により得た該部分回路の誤り伝搬経路を参照し、ノードから前記部分回路内を出力方向に追跡して得た、前記誤り伝搬経路上のノードが関係する部分回路の出力端子と、

前記部分回路の出力端子が関係する論理回路の故障出力端子とを階層的に登録する第 2 の関係端子登録手段を備えたことを特徴とする故障箇所推定システム。

【請求項 3】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定システムにおいて、

記憶装置に記憶された論理状態を参照して故障出力端子を検索する故障端子検索手段と、

前記故障出力端子に関係する部分回路を抽出する部分回路抽出手段と、
 前記部分回路内の論理状態を推定して、誤り伝搬経路を推定する部分回路内論理状態推定手段と、
 論理状態を前記記憶装置に登録する論理状態登録手段と、
 前記前記誤り伝搬経路上のノードが関係する故障出力端子を、階層的に前記記憶装置に登録する第2の関係端子登録手段と
 を備えたことを特徴とする故障箇所推定システム。

【請求項4】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定システムにおいて、

前記故障箇所推定システムを構成する縮退故障重み付け手段が、
 推定した誤り伝搬経路上のノードの関係故障端子情報を検索する関係故障端子情報検索手段と、

各ノードにおいて故障状態の論理値が同一である場合に、部分回路同士の関係端子情報を重ね合わせる第1の関係故障端子情報マージ手段と、

前記第1の関係故障端子情報マージ手段によって得た関係故障端子情報の数によって縮退故障モードの故障候補をソートする縮退故障候補ソート手段と
 を備えたことを特徴とする故障箇所推定システム。

【請求項5】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定システムにおいて、

前記故障箇所推定システムを構成するオープン故障重み付け手段が、
 推定した誤り伝搬経路上のノードの関係故障端子情報を検索する関係故障端子情報検索手段と、

各ノードの部分回路同士の関係端子情報を重ね合わせる第2の関係故障端子情報マージ手段と、

前記第2の関係故障端子情報マージ手段によって得た関係故障端子情報の数によってオープン故障モードの故障候補をソートするオープン故障候補ソート手段と
 を備えたことを特徴とする故障箇所推定システム。

【請求項6】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路

内部の故障箇所を推定する故障箇所推定システムにおいて、

前記故障箇所推定システムを構成するブリッジ故障重み付け手段が、

推定した誤り伝搬経路上のノードの関係故障端子情報を検索する関係故障端子情報検索手段と、

各ノードの部分回路同士の関係端子情報を重ね合わせる第 2 の関係故障端子情報マージ手段と、

前記第 2 の関係故障端子情報マージ手段によって得たオープン故障モードの故障候補から複数のノードを選択する故障候補対を作成する故障候補選択手段と、

前記故障候補対からブリッジ故障の条件外の故障候補対を除外する条件外故障候補除外手段と、

各故障候補対の部分回路同士の関係故障情報を重ね合わせる第 3 の関係故障端子情報マージ手段と、

前記第 3 の関係故障端子情報マージ手段によって得た関係故障端子情報の数によってブリッジ故障モードの故障候補をソートするブリッジ故障候補ソート手段と

を備えたことを特徴とする故障箇所推定システム。

【請求項 7】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定システムにおいて、

前記故障箇所推定システムを構成する混合故障重み付け手段が、

複数の故障モードの故障候補と前記故障候補の関係故障端子情報とを取り出して、混合故障候補リストを作成する故障候補重み検索手段と、

同一の故障状態を表している複数の故障モードの故障候補が、前記混合故障候補リストに存在している時に、片方の故障候補を除外する余剰故障候補除外手段と、

関係故障端子情報の数によって、前記混合故障候補リストの故障候補をソートする混合故障候補ソート手段と

を備えたことを特徴とする故障箇所推定システム。

【請求項 8】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定システムにおいて、

論理回路の誤り伝搬経路を推定する誤り伝搬経路推定手段と、

誤り伝搬経路上のノードに対して、縮退故障候補の重み付けを処理する縮退故障重み付け手段と、

誤り伝搬経路上のノードに対して、オープン故障候補の重み付けを処理するオープン故障重み付け手段と、

誤り伝搬経路上のノードに対して、ブリッジ故障候補の重み付けを処理するブリッジ故障重み付け手段と、

誤り伝搬経路上のノードに対して、混合故障候補の出力を行う混合故障候補出力手段と

を備えたことを特徴とする故障箇所推定システム。

【請求項 9】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定方法において、

記憶装置に記憶された論理状態を参照して故障出力端子を検索する手順と、

前記故障出力端子に関係する部分回路を抽出して、該部分回路内の論理状態を推定して誤り伝搬経路を推定する手順と、

論理状態を前記記憶装置に登録し、前記ノードから前記誤り伝搬経路を出力方向に追跡して、前記誤り伝搬経路上のノードが関係する故障出力端子を前記記憶装置に登録する手順と

を含むことを特徴とする故障箇所推定方法。

【請求項 10】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定方法において、

部分回路内の論理状態を推定処理により得た該部分回路の誤り伝搬経路を参照して、前記誤り伝搬経路上のノードから前記部分回路内を出力方向に追跡して得た、該誤り伝搬経路上のノードが関係する部分回路の出力端子と、部分回路の前記出力端子が関係する論理回路の故障出力端子とを、階層的に登録することを特徴とする誤り伝搬経路推定方法。

【請求項 11】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定方法において、

記憶装置に記憶された論理状態を参照して故障出力端子を検索する手順と、

前記故障出力端子に関係する部分回路を抽出し、該部分回路内の論理状態を推定して誤り伝搬経路を推定する手順と、

論理状態を前記記憶装置に登録し、前記誤り伝搬経路上のノードが関係する故障出力端子を階層的に記憶装置に登録する手順とを含むことを特徴とする故障箇所推定方法。

【請求項 1 2】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定処理における縮退故障重み付け方法において、

推定した誤り伝搬経路上のノードの関係故障端子情報を検索し、各ノードにおいて故障状態の論理値が同一である場合に、部分回路同士の関係端子情報を重ね合わせ、得られた関係故障端子情報の数によって縮退故障モードの故障候補をソートすることを特徴とする縮退故障重み付け方法。

【請求項 1 3】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定処理におけるオープン故障重み付け方法において、

推定した誤り伝搬経路上のノードの関係故障端子情報を検索し、各ノードの部分回路同士の関係端子情報を重ね合わせて、得られた関係故障端子情報の数によってオープン故障モードの故障候補をソートすることを特徴とするオープン故障重み付け方法。

【請求項 1 4】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定処理におけるブリッジ故障重み付け方法において、

推定した誤り伝搬経路上のノードの関係故障端子情報を検索し、各ノードの部分回路同士の関係端子情報を重ね合わせ、得られたオープン故障モードの故障候補から複数のノードを選択する故障候補対を作成し、前記故障候補対からブリッジ故障の条件外の故障候補対を除外し、各故障候補対の部分回路同士の関係故障情報を重ね合わせ、得られた関係故障端子情報の数によってブリッジ故障モードの故障候補をソートすることを特徴とするブリッジ故障重み付け方法。

【請求項 1 5】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回

路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定処理における混合故障重み付け方法において、

複数の故障モードの故障候補と前記故障候補の関係故障端子情報を取り出して混合故障候補リストを作成し、同一の故障状態を表している複数の故障モードの故障候補が前記混合故障候補リストに存在している時に、片方の故障候補を除外し、関係故障端子情報の数によって前記混合故障候補リストの故障候補をソートすることを特徴とする混合故障重み付け方法。

【請求項 16】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定方法において、

論理回路の誤り伝搬経路を推定する手順と、

誤り伝搬経路上のノードに対して、縮退故障候補の重み付けを処理する手順と

誤り伝搬経路上のノードに対して、オープン故障候補の重み付けを処理する手順と、

誤り伝搬経路上のノードに対して、ブリッジ故障候補の重み付けを処理する手順と、

誤り伝搬経路上のノードに対して、混合故障候補の出力を行う手順とを含むことを特徴とする故障箇所推定方法。

【請求項 17】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定方法を記録した記録媒体において、

記憶装置に記憶された論理状態を参照して故障出力端子を検索する故障端子検索処理の手順と、

前記故障出力端子に関係する部分回路を抽出する部分回路抽出処理の手順と、前記部分回路内の論理状態を推定して誤り伝搬経路を推定する部分回路内論理状態推定処理の手順と、

論理状態を前記記憶装置に登録する論理状態登録処理の手順と、前記ノードから前記誤り伝搬経路を出力方向に追跡して、前記誤り伝搬経路上のノードが関係する故障出力端子を前記記憶装置に登録する第 1 の関係端子登録処理の手順と

をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したことを特徴とする記録媒体。

【請求項 18】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定方法を記録した記録媒体において、
部分回路内の論理状態の推定により得た部分回路の誤り伝搬経路を参照して、
前記ノードから前記部分回路内を出力方向に追跡して得た前記誤り伝搬経路上のノードが関係する部分回路の出力端子と、部分回路の前記出力端子が関係する論理回路の故障出力端子とを、階層的に登録する第2の関係端子登録処理の手順を、コンピュータに実行させるためのプログラムを記録したことを特徴とする記録媒体。

【請求項 19】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定方法を記録した記録媒体において、
記憶装置に記憶された論理状態を参照して故障出力端子を検索する故障端子検索処理の手順と、

前記故障出力端子に關係する部分回路を抽出する部分回路抽出処理の手順と、

前記部分回路内の論理状態を推定して誤り伝搬経路を推定する部分回路内論理状態推定処理の手順と、

論理状態を前記記憶装置に登録する論理状態登録処理の手順と、

前記前記誤り伝搬経路上のノードが關係する故障出力端子を階層的に前記記憶装置に登録する第2の関係端子登録処理の手順と

をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したことを特徴とする記録媒体。

【請求項 20】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定方法を記録した記録媒体において、

推定した誤り伝搬経路上のノードの關係故障端子情報を検索する關係故障端子情報検索処理の手順と、

各ノードにおいて故障状態の論理値が同一である場合に、部分回路同士の關係端子情報を重ね合わせる第1の關係故障端子情報マージ処理の手順と、

前記第1の関係故障端子情報マージ処理によって得た関係故障端子情報の数によって縮退故障モードの故障候補をソートする縮退故障候補ソート処理の手順とをコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したことを特徴とする記録媒体。

【請求項 2 1】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定方法を記録した記録媒体において、

推定した誤り伝搬経路上のノードの関係故障端子情報を検索する関係故障端子情報検索処理の手順と、

各ノードの部分回路同士の関係端子情報を重ね合わせる第2の関係故障端子情報マージ処理の手順と、

前記第2の関係故障端子情報マージ処理によって得た関係故障端子情報の数によってオープン故障モードの故障候補をソートするオープン故障候補ソート処理の手順と

をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したことを特徴とする記録媒体。

【請求項 2 2】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定方法を記録した記録媒体において、

推定した誤り伝搬経路上のノードの関係故障端子情報を検索する関係故障端子情報検索処理の手順と、

各ノードの部分回路同士の関係端子情報を重ね合わせる第2の関係故障端子情報マージ処理の手順と、

前記第2の関係故障端子情報マージ処理によって得たオープン故障モードの故障候補から複数のノードを選択する故障候補対を作成する故障候補選択処理の手順と、

前記故障候補対からブリッジ故障の条件外の故障候補対を除外する条件外故障候補除外処理の手順と、

各故障候補対の部分回路同士の関係故障情報を重ね合わせる第3の関係故障端子情報マージ処理の手順と、

前記第3の関係故障端子情報マージ処理によって得た関係故障端子情報の数に

よってブリッジ故障モードの故障候補をソートするブリッジ故障候補ソート処理の手順と

をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したことを特徴とする記録媒体。

【請求項 2 3】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定方法を記録した記録媒体において、

複数の故障モードの故障候補と前記故障候補の関係故障端子情報を取り出して混合故障候補リストを作成する故障候補重み検索処理の手順と、

同一の故障状態を表している複数の故障モードの故障候補が、前記混合故障候補リストに存在している時に、片方の故障候補を除外する余剰故障候補除外処理の手順と、

関係故障端子情報の数によって前記混合故障候補リストの故障候補をソートする混合故障候補ソート処理の手順と

をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したことを特徴とする記録媒体。

【請求項 2 4】 故障端子から故障伝搬経路を追跡することにより、論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定方法を記録した記録媒体において、

前記論理回路の誤り伝搬経路を推定する誤り伝搬経路推定処理の手順と、

誤り伝搬経路上のノードに対して、縮退故障候補の重み付けを処理する縮退故障重み付け処理の手順と、

誤り伝搬経路上のノードに対して、オープン故障候補の重み付けを処理するオープン故障重み付け処理の手順と、

誤り伝搬経路上のノードに対して、ブリッジ故障候補の重み付けを処理するブリッジ故障重み付け処理の手順と、

誤り伝搬経路上のノードに対して、混合故障候補の出力を行う混合故障候補出力処理の手順と

をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したことを特徴とする記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は論理回路内部の故障箇所を推定する故障箇所推定システムに関し、特に、故障出力端子から入力方向に誤り伝搬経路を推定する経路追跡手法に基づいて様々な故障モードの故障候補を診断する故障箇所推定システムに関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

故障箇所推定システムは、故障出力を含む出力パターンを満足するような故障が伝搬している可能性のある経路を推定し、かつ、その情報を基にして故障箇所を推定するシステムである。例えば、特開平08-146093号公報や特開平10-062494号公報に記載されている技術は、故障出力端子に関係する部分回路を抽出し、部分回路内の故障伝搬経路を推定し、必要があればさらに入力側の部分回路を抽出して、全ての故障伝搬経路を推定した後で、推定した経路の接続情報を基に経路上のノードの重みを計算して、論理回路内の重みの高いノードを故障候補として出力する。

【 0 0 0 3 】

従来技術の構成について図面を参照して詳細に説明する。図22は、従来の故障箇所推定システムの構成を示すブロック図である。同図を参照すると、この故障箇所推定システムは、キーボード、または、外部装置とのインターフェース部である入力装置1と、プログラム制御により動作する誤り伝搬経路推定処理装置2と、誤り伝搬経路推定処理に必要な情報を記憶する記憶装置4と、ディスプレイ装置や印刷装置、または、外部装置とのインターフェース部である出力装置6とによって構成されている。

記憶装置4は、論理回路構成記憶部41と論理状態記憶部42とを備えている。論理回路構成記憶部41は、論理回路を構成するゲートと信号線とその接続関係、および、ゲートの機能をあらかじめ記憶している。論理状態記憶部42は、誤り伝搬経路推定処理中の各信号線における論理状態、および回路が正常である時の各信号線の論理状態(期待値)を記憶している。誤り伝搬経路推定装置2は、故障端子検索手段21と、部分回路抽出手段22と、部分回路内論理状態推定手段23と、論理

状態登録手段24と、故障候補検索手段27と、故障候補出力手段28とを備える。

【0004】

故障端子検索手段21は、論理回路構成記憶部41に記憶された回路構成と、論理状態記憶部42に記憶された論理状態を参照して、故障出力端子を検索する。ここで、検索対象がない場合は誤り伝搬経路推定処理を終了する。部分回路抽出手段22は、論理回路構成記憶部41に記憶された回路構成を参照して、故障端子検索21で検索した故障出力端子に関係する部分回路を抽出する。部分回路内論理状態推定手段23は、論理回路構成記憶部41に記憶された回路構成と、論理状態記憶部42に記憶された部分回路の境界の論理状態を参照して、部分回路内部の誤り伝搬経路を推定する。論理状態登録手段24は、部分回路内論理状態推定手段23によって推定された部分回路の論理状態を論理状態記憶部42に登録する。故障候補検索手段27は、部分回路内論理状態推定手段23によって推定された部分回路の誤り伝搬経路を参照して、全ての故障出力に故障状態を伝搬する可能性のある誤り伝搬経路上のノード(ゲート、信号線)を故障候補として検索する。故障候補出力手段28は、故障候補検索手段27によって検索した故障候補を出力装置6に出力する。

【0005】

図23は、図22に示す従来の故障箇所推定システムの動作を示す流れ図である。したがって、図22と図23を参照して、従来技術の故障箇所推定システムの動作について説明する。まず、故障端子検索手段21において、論理回路構成記憶部41に記憶された回路構成と、論理状態記憶部42に記憶された論理状態とを参照し、故障出力端子を検索する(ステップA11)。ここで、検索対象の故障出力端子を検出した場合は、ステップA13に処理を進める。もし、検索対象がない場合は誤り伝搬経路推定を終了する(ステップA12)。次に、部分回路抽出手段22において、論理回路構成記憶部41に記憶された回路構成を参照して、故障端子検索21で検索した故障出力端子に関係する部分回路を抽出する(ステップA13)。この部分回路の抽出は、前述の特開平10-062494公報に記載されているように、入出力方向に数回回路をトレースして抽出してもよいし、回路設計における階層を利用してもよい。

【0006】

次に、ステップA14において、部分回路内論理状態推定手段23は、論理回路構成記憶部41に記憶された回路構成と、論理状態記憶部42に記憶された部分回路の境界の論理状態を参照して、部分回路内部の誤り伝搬経路を推定する。次に、論理状態登録手段24において、ステップA14において推定した部分回路の論理状態を論理状態記憶部42に登録する(ステップA15)。そして、ステップA11に戻って前述の故障端子検索を繰り返す。一方、ステップA12で未処理の故障端子がない場合は(ステップA12、N)、ステップA18において、故障候補検索手段27は、部分回路内論理状態推定手段23によって推定された部分回路の誤り伝搬経路を参照して、全ての故障出力に故障状態を伝搬する可能性のある誤り伝搬経路上のノード(ゲート、信号線)を故障候補として検索する。最後に、ステップA19において、故障候補出力手段28は、故障候補検索手段27によって検索した故障候補を出力装置6に出力する。

【0007】

次に、具体的な故障箇所推定モードの動作について説明する。図12は、故障箇所推定システムにおける故障箇所推定モードの動作説明図である。したがって、図22と図23と図12とを用いて、従来技術の故障箇所推定システムの動作について説明する。図12において、6つのフリップフロップ(FF1, FF2, FF3, FF4, FF5, FF6)を含む順序回路において、時刻T+2に4つの故障出力F1, F2, F3, F4が観測された時に誤り伝搬経路を推定する場合を想定する。

【0008】

故障端子検索手段21において論理回路構成記憶部41に記憶された回路構成と、論理状態記憶部42に記憶された論理状態を参照して、故障出力端子を検索し、時刻T+2において、故障出力端子F1, F2, F3, F4が検出される(ステップA11)。ここで、故障出力端子が検出されたので、ステップA13に処理を進める(ステップA12)。次に、部分回路抽出手段22において、論理回路構成記憶部41に記憶された回路構成を参照して、故障端子F1, F2, F3, F4に関係する部分回路c1, c2, c3を抽出する(ステップA13)。ここでは、部分回路としてFF(Flip-Flop)に囲まれた組合せ回路を抽出している。

【0009】

次に、部分回路内論理状態推定手段23において、論理回路構成記憶部41に記憶された回路構成と、論理状態記憶部42に記憶された部分回路の境界の論理状態を参照して、部分回路内部の誤り伝搬経路を推定し、部分回路c1において経路p12、部分回路c2において経路p13, p14, p15、部分回路c3において経路p16が得られる(ステップA14)。次に、論理状態登録手段24において、ステップA14において推定した部分回路の論理状態を論理状態記憶部42に登録する(ステップA15)。また、時刻T+1の故障端子として、FF4, FF5, FF6を故障端子として登録する。次に、ステップA11に戻り、未処理の故障端子を検索すると、FF4, FF5, FF6が検出され、ステップA11からA15の処理を繰り返し、部分回路c1~c7、および、経路p1~p16が得られる。

【0 0 1 0】

ステップA18において、故障候補検索手段27は、部分回路内論理状態推定手段23によって推定された部分回路の誤り伝搬経路を参照して、全ての故障出力に故障状態を伝搬する可能性のある誤り伝搬経路上のノード(ゲート、信号線)を故障候補として検索し、経路p1上のノードがF1, F2, F3, F4に故障状態を伝搬する可能性があるので、経路p1条のノードが故障候補として検出される。最後にステップA19において、故障候補出力手段28は、故障候補検索手段27によって検索した故障候補を出力装置6に出力する。

【0 0 1 1】

このような、経路追跡型の故障箇所推定システムにおいて、誤り伝搬経路を推定する段階では、単一故障であること以外には特に制限を設けていないため、様々な故障モードの故障が誤り伝搬経路上に存在している。しかし、従来技術において、対象とする故障は単一縮退故障であり、それ以外の故障は高く重み付けされることがなかった。また、経路追跡型とは異なる故障箇所推定手法である故障辞書法や故障シミュレーション法は、故障を対象回路上に仮定して論理シミュレーションを行い、その結果をテスト結果と比較するものであるが、仮定した故障以外の故障モードの推定は難しい。また、オープン故障やブリッジ故障などの単一縮退故障以外の故障を仮定して論理シミュレーションする必要があり、膨大なシミュレーションとなってしまうことから、実用的な処理時間内に単一縮

退故障以外の故障箇所を推定することは非常に困難である。

【 0 0 1 2 】

【発明が解決しようとする課題】

以上説明したように、従来の故障箇所推定システムは、全ての故障出力を満足する故障のみを検索しているから、単一縮退故障以外の故障モードについては故障箇所の推定を行うことができない。また、従来の故障箇所推定システムは、オープン故障、あるいは、ブリッジ故障に対する重み付けを行う手段を有していないので、単一縮退故障以外の故障候補リストが得られない。さらに、単一縮退故障以外に、オープン故障やブリッジ故障を仮定した論理シミュレーションが必要となり、処理時間が膨大となる。したがって、故障箇所推定手法として、故障辞書法や故障シミュレーション法を用いたとしても、単一故障以外の故障モードの故障箇所を推定することができない。

【 0 0 1 3 】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、縮退故障やオープン故障やブリッジ故障などの故障モードの推定ができる故障箇所推定システムを提供することにある。また、本発明の第2の目的は、縮退故障やオープン故障やブリッジ故障などの故障モードの故障に対する重み付け手段を提供することにある。さらに、本発明の第3の目的は、処理時間を増大させることなく、様々な故障モードの故障の推定ができる故障箇所推定システムを提供することにある。

【 0 0 1 4 】

【課題を解決するための手段】

本発明の第1の故障箇所推定システムは、部分回路を抽出し、部分回路内部の論理状態を推定して誤り伝搬経路を推定する処理において、経路上のノードにおける関係故障端子情報を保存する。また、故障候補の重み付け処理において、部分回路の関係故障端子情報を重ね合わせる時に、経路上のノードの位置と論理値を参照して縮退故障モードの故障候補を重み付けし、且つ、経路上のノードの位置のみを参照してオープン故障モードの故障候補を重み付けする。そして、経路上の2点のノードで故障候補対を作り、ブリッジ故障モードの故障候補を重

み付けし、それらの故障モードの混合して混合故障候補リストを作成する。

【 0 0 1 5 】

より具体的には、誤り伝搬経路の推定処理装置において、誤り伝搬経路上のノードにおける関係故障端子情報を登録する第1の関係故障端子登録手段(図1の25)を有し、故障候補重み付け処理装置において、縮退故障候補重み付け手段(図1の31)と、オープン故障候補重み付け手段(図1の32)と、ブリッジ故障候補重み付け手段(図1の33)と、混合故障候補出力手段(図1の34)とを有する。

さらに、縮退故障重み付け手段(図1の31)は、各部分回路の誤り伝搬経路上のノードにおける関係故障端子情報を検索する関係端子情報検索手段(図2の311)と、部分回路同士の関係故障端子情報をマージする第1の関係故障端子情報マージ手段(図2の312)と、全部分回路におけるノードのマージ処理が終了したか判定するマージ終了判定手段(図2の313)と、縮退故障モードの故障候補を関係故障端子の数を重みとしてソートする縮退故障候補ソート手段(図2の314)と、縮退故障モードの故障候補を出力する縮退故障候補出力手段(図2の315)とを有する。

【 0 0 1 6 】

さらに、オープン故障重み付け手段(図1の32)は、各部分回路の誤り伝搬経路上のノードにおける関係故障端子情報を検索する関係端子情報検索手段(図3の321)と、部分回路同士の関係故障端子情報をマージする第2の関係故障端子情報マージ手段(図3の322)と、全部分回路におけるノードのマージ処理が終了したか判定するマージ終了判定手段(図3の323)と、オープン故障モードの故障候補を関係故障端子の数を重みとしてソートするオープン故障候補ソート手段(図3の324)と、オープン故障モードの故障候補を出力するオープン故障候補出力手段(図3の325)とを有する。

【 0 0 1 7 】

また、ブリッジ故障重み付け手段(図1の33)は、各部分回路の誤り伝搬経路上のノードにおける関係故障端子情報を検索する関係端子情報検索手段(図4の321)と、対象とする2つの部分回路の関係故障端子情報をマージする第2の関係故障端子情報マージ手段(図4の322)と、オープン故障モードの故障候補から2つ選択する故障候補選択処理(図4の331)と、ブリッジ故障の条件外の故障候補対を除外

する条件外故障候補除外手段(図4の332)と、部分回路同士の関係故障端子情報をマージする第3の関係故障端子情報マージ手段(図4の333)と、全部分回路におけるノードのマージ処理が終了したか判定するマージ終了判定手段(図4の334)と、ブリッジ故障モードの故障候補を関係故障端子の数を重みとしてソートするブリッジ故障候補ソート手段(図4の335)と、ブリッジ故障モードの故障候補を出力するブリッジ故障候補出力手段(図4の336)とを有する。

【 0 0 1 8 】

また、混合故障候補出力手段(図1の34)は、各故障モードの故障候補リストを検索する故障候補重み検索手段(図5の341)と、重み情報が重複している故障候補を除外する余剰故障候補除外手段(図5の342)と、故障候補を関係故障端子の数を重みとしてソートする混合故障候補ソート手段(図5の343)と、混合故障モードの故障候補を出力する混合故障候補出力手段(図5の344)とを有する。

【 0 0 1 9 】

本発明の第2の故障箇所推定システムは、誤り伝搬経路上のノードにおける関係故障端子情報を階層的に管理する。より具体的には、誤り伝播経路推定処理装置において、誤り伝搬経路上のノードにおける関係故障端子情報を階層的に登録する第2の関係端子登録手段(図17の26)を有する。

【 0 0 2 0 】

本発明の故障箇所推定システムによれば、第1の関係端子登録手段は、部分回路内論理状態推定手段によって推定された部分回路の誤り伝搬経路を参照して、誤り伝搬経路上のノード(ゲート、信号線)が関係する故障出力端子を第1の関係故障端子記憶部に登録する。また、関係故障端子情報検索手段は、第1の関係故障端子記憶部を参照して、指定した時刻の誤り伝搬経路上の各ノードの関係故障出力端子を検索する。さらに、第1の関係故障端子情報マージ手段は、誤り伝搬経路上の各ノードにおいて故障状態の論理が同一である場合に、関係端子情報を重ね合わせる。また、マージ終了判定手段は、全時刻の関係端子情報のマージ処理を終了したかを判定する。さらに、縮退故障候補ソート手段は、第1の関係故障端子情報マージ手段によって得られた、各故障候補の関係故障出力端子の数を重みとして、縮退故障モードの故障候補をソートする。

【 0 0 2 1 】

縮退故障候補出力手段は、縮退故障候補ソート手段によって得られた故障候補リスト、および、各故障候補の関係端子情報を、縮退故障候補記憶部、および、出力装置に出力する。また、第2の関係故障端子情報マージ手段は、誤り伝搬経路上の各ノードにおける関係端子情報を重ね合わせる。この時、ノードの論理値によってマージ処理を変えることはしない。さらに、オープン故障候補ソート手段は、第2の関係故障端子情報マージ手段によって得られた、各故障候補の関係故障出力端子の数を重みとして、オープン故障モードの故障候補をソートする。オープン故障候補出力手段は、オープン故障候補ソート手段によって得られた故障候補リスト、および、各故障候補の関係端子情報を、オープン故障候補記憶部、および、出力装置に出力する。

【 0 0 2 2 】

故障候補選択手段は、第2の関係故障端子情報マージ手段で得られたオープン故障候補リストから2つの候補を選択して故障候補対を作成する。また、条件外故障候補除外手段は、故障候補選択手段で選択した故障候補対の中から、条件外の故障候補対を除外する。さらに、第3の関係故障端子情報マージ手段は、故障候補選択手段によって選択した故障候補対の関係端子情報を重ね合わせる。また、ブリッジ故障候補ソート手段は、第3の関係故障端子情報マージ手段によって得られた故障候補対をブリッジ故障モードの故障候補として扱い、各故障候補の関係故障出力端子の数を重みとして、ブリッジ故障候補をソートする。

【 0 0 2 3 】

ブリッジ故障候補出力手段は、ブリッジ故障候補ソート手段によって得られた故障候補リストを、ブリッジ故障候補記憶部、および、出力装置6に出力する。また、故障候補重み検索手段は、縮退故障候補記憶部とオープン故障候補記憶部とブリッジ故障候補記憶部とを参照して、縮退故障モードとオープン故障モードとブリッジ故障モードの故障候補とその関係故障端子情報を取り出し、混合故障候補リストを作成する。また、余剰故障候補除外手段は、オープン故障候補のある故障候補と同一のノードの故障候補が、縮退故障候補にあり、かつ、両者の関係故障端子情報が同一である場合に、混合故障候補リストからそのオープ

ン故障候補を除外する。さらに、混合故障候補ソート手段は、故障候補重み検索手段、および、余剰故障候補除外手段を通して得られた混合故障候補を、各故障候補の関係故障出力端子の数を重みとしてソートする。

【 0 0 2 4 】

混合故障候補出力手段は、混合故障候補ソート手段によって得られた故障候補リストを、混合故障候補記憶部および出力装置に出力する。また、第2の関係端子登録手段は、部分回路内論理状態推定手段によって推定された部分回路の誤り伝搬経路を参照して、誤り伝搬経路上のノード(ゲート、信号線)が関係する部分回路の出力端子を、第2の関係故障端子記憶部に登録し、さらに、部分回路において誤り伝搬経路が通る出力端子が関係する論理回路の故障出力端子を第2の関係故障端子記憶部に登録する。

【 0 0 2 5 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を用いて本発明の実施の形態を詳細に説明する。すなわち、本発明の故障箇所推定システムは、故障出力端子から入力方向に故障伝搬経路を推定する経路追跡手法に基づく故障箇所の推定システムである。図1は、本発明における第1の実施の形態の故障箇所推定システムの構成を示すブロック図であり、先ず、同図により、第1の実施の形態の構成を説明する。図1を参照すると、この実施の形態の故障箇所推定システムは、キーボード、または、外部装置とのインターフェース部である入力装置1と、プログラム制御により動作する誤り伝搬経路推定処理装置2と、故障候補重み付け処理装置3と、誤り伝搬経路推定処理に必要な情報を記憶する記憶装置4と、故障候補と故障候補の関係故障端子情報を記憶する故障候補記憶装置5と、ディスプレイ装置や印刷装置、または、外部装置とのインターフェース部である出力装置6とによって構成されている。

【 0 0 2 6 】

記憶装置4は、論理回路構成記憶部41と論理状態記憶部42と第1の関係故障端子記憶部43とを備えている。論理回路構成記憶部41は、論理回路を構成するゲートと信号線とその接続関係、および、ゲートの機能を予め記憶している。論理状態記憶部42は、誤り伝搬経路推定処理中の各信号線における論理状態、および回路

が正常である時の各信号線の論理状態(期待値)を記憶している。第1の関係故障端子記憶部43は、誤り伝搬経路推定処理により得られた誤り伝搬経路上のノード(ゲート、信号線)が関係している故障出力端子を記憶している。

【 0 0 2 7 】

故障候補記憶装置5は、縮退故障候補記憶部51と、オープン故障候補記憶部52と、ブリッジ故障候補記憶部53と、混合故障候補記憶部54とを備えている。縮退故障候補記憶部51は、縮退故障モードの故障候補とその関係故障出力端子を記憶している。オープン故障候補記憶部52は、オープン故障モードの故障候補とその関係故障出力端子を記憶している。ブリッジ故障候補記憶部53は、ブリッジ故障モードの故障候補とその関係故障出力端子を記憶している。混合故障候補記憶部54は、混合故障候補とその関係故障出力端子を記憶している。

尚、誤り伝搬経路推定処理装置2と故障候補重み付け処理装置3は、1つのデータ処理装置に含めた構成も可能である。また、記憶装置4と故障候補記憶装置5は、容量が十分であれば、1つの記憶装置に含めることが可能である。

【 0 0 2 8 】

誤り伝搬経路推定装置2は、故障端子検索手段21と、部分回路抽出手段22と、部分回路内論理状態推定手段23と、論理状態登録手段24と、第1の関係端子登録手段25とを備える。故障端子検索手段21は、論理回路構成記憶部41に記憶された回路構成と、論理状態記憶部42に記憶された論理状態とを参照して、故障出力端子を検索する。ここで、検索対象がない場合は誤り伝搬経路推定処理を終了する。部分回路抽出手段22は、論理回路構成記憶部41に記憶された回路構成を参照して、故障端子検索21で検索した故障出力端子に関係する部分回路を抽出する。

【 0 0 2 9 】

部分回路内論理状態推定手段23は、論理回路構成記憶部41に記憶された回路構成と、論理状態記憶部42に記憶された部分回路の境界の論理状態を参照して、部分回路内部の誤り伝搬経路を推定する。論理状態登録手段24は、部分回路内論理状態推定手段23によって推定された部分回路の論理状態を論理状態記憶部42に登録する。第1の関係端子登録手段25は、部分回路内論理状態推定手段23によって推定された部分回路の誤り伝搬経路を参照して、誤り伝搬経路上のノード(ゲー

ト、信号線)が関係する故障出力端子を、第1の関係故障端子記憶部43に登録する。

【0030】

故障候補重み付け処理装置3は、縮退故障重み付け手段31と、オープン故障重み付け手段32と、ブリッジ故障重み付け手段33と、混合故障候補出力手段34とを備えている。縮退故障重み付け手段31は、縮退故障モードの故障候補の順位が高くなるように重み付けを行う。ここで、縮退故障モードの故障候補とは、故障が生じる箇所が固定で、その故障状態の論理値が常に同一であるような故障候補である。故障箇所の論理が時間的に変化していても、その誤り状態が出力端子に伝搬しなければ、縮退故障モードの故障候補として重み付けされる。オープン故障重み付け手段32は、オープン故障モードの故障候補の順位が高くなるように重み付けを行う。

【0031】

ここで、オープン故障モードの故障候補とは、故障が生じる箇所が固定である故障候補であり、その時の論理値は同一でなくてもよいような故障候補である。ゲートの機能故障によるゲート出力論理の故障も オープン故障モードの故障候補として重み付けされる。ブリッジ故障重み付け手段33は、ブリッジ故障モードの故障候補の順位が高くなるように重み付けを行う。ここで、ブリッジ故障モードの故障候補とは、2つの信号線の論理が同一となり、どちらか一方の論理となるような故障候補である。

【0032】

図2は、図1の故障箇所推定システムにおける縮退故障重み付け手段31の詳細な構成図あり、同図を用いて、縮退故障重み付け手段31の詳細な構成を説明する。縮退故障重み付け手段31は、関係故障端子情報検索手段311と、第1の関係故障端子情報マージ手段312と、マージ終了判定手段313と、縮退故障候補ソート手段314と、縮退故障候補出力手段315とを備えている。

関係故障端子情報検索手段311は、第1の関係故障端子記憶部43を参照して、指定した時刻の誤り伝搬経路上の各ノードの関係故障出力端子を検索する。第1の関係故障端子情報マージ手段312は、誤り伝搬経路上の各ノードにおいて故障

状態の論理が同一である場合に、関係端子情報を重ね合わせる。マージ終了判定手段313は、全時刻の関係端子情報のマージ処理を終了したかを判定する。縮退故障候補ソート手段314は、第1の関係故障端子情報マージ手段312によって得られた、各故障候補の関係故障出力端子の数を重みとして、縮退故障モードの故障候補をソートする。縮退故障候補出力手段315は、縮退故障候補ソート手段314によって得られた故障候補リスト、および、各故障候補の関係端子情報を、縮退故障候補記憶部51および出力装置6に出力する。

【 0 0 3 3 】

図3は、図1の故障箇所推定システムにおけるオープン故障重み付け手段32の詳細な構成図あり、同図を用いて、オープン故障重み付け手段32の詳細な構成を説明する。オープン故障重み付け手段32は、関係故障端子情報検索手段321と、第2の関係故障端子情報マージ手段322と、マージ終了判定手段323と、オープン故障候補ソート手段324と、オープン故障候補出力手段325とを備えている。関係故障端子情報検索手段321は、第1の関係故障端子記憶部43を参照して、指定した時刻の誤り伝搬経路上の各ノードの関係故障出力端子を検索する。

【 0 0 3 4 】

第2の関係故障端子情報マージ手段322は、誤り伝搬経路上の各ノードにおける関係端子情報を重ね合わせる。マージ終了判定手段323は、全時刻の関係端子情報のマージ処理を終了したかを判定する。オープン故障候補ソート手段324は、第2の関係故障端子情報マージ手段322によって得られた、各故障候補の関係故障出力端子の数を重みとして、オープン故障モードの故障候補をソートする。オープン故障候補出力手段325は、オープン故障候補ソート手段324によって得られた故障候補リスト、および、各故障候補の関係端子情報をオープン故障候補記憶部52、および、出力装置6に出力する。

【 0 0 3 5 】

図4は、図1の故障箇所推定システムにおけるブリッジ故障重み付け手段33の詳細な構成図あり、同図を用いて、ブリッジ故障重み付け手段33の詳細な構成を説明する。ブリッジ故障重み付け手段33は、関係故障端子情報検索手段321と、第2の関係故障端子情報マージ手段322と、故障候補選択手段331と、条件外故障候

補除外手段332と、第3の関係故障端子情報マージ手段333と、マージ終了判定手段334と、ブリッジ故障候補ソート手段335と、ブリッジ故障候補出力手段336とを備えている。関係故障端子情報検索手段321と第2の関係故障端子情報マージ手段322は、既にオープン故障重み付け手段32の構成で説明したので説明は省略する。

【 0 0 3 6 】

故障候補選択手段331は、第2の関係故障端子情報マージ手段322で得られたオープン故障候補リストから2つの候補を選択して、故障候補対を作成する。条件外故障候補除外手段332は、故障候補選択手段331で選択した故障候補対の中から、条件外の故障候補対を除外する。第3の関係故障端子情報マージ手段333は、故障候補選択手段331によって選択した2つの故障候補の関係端子情報を重ね合わせる。マージ終了判定手段334は、全故障候補対の関係端子情報のマージ処理が終了したかを判定する。ブリッジ故障候補ソート手段335は、第3の関係故障端子情報マージ手段333によって得られた故障候補対をブリッジ故障モードの故障候補として扱い、各故障候補の関係故障出力端子の数を重みとして、ブリッジ故障候補をソートする。ブリッジ故障候補出力手段336は、ブリッジ故障候補ソート手段335によって得られた故障候補リストをブリッジ故障候補記憶部53、および、出力装置6に出力する。

【 0 0 3 7 】

図5は、図1の故障箇所推定システムにおける混合故障候補出力手段34の詳細な構成図あり、同図を用いて、混合故障候補出力手段34の詳細な構成を説明する。混合故障候補出力手段34は、故障候補重み検索手段341と、余剰故障候補除外手段342と、混合故障候補ソート手段343と、混合故障候補出力手段344とを備えている。故障候補重み検索手段341は、縮退故障候補記憶部51と、オープン故障候補記憶部52と、ブリッジ故障候補記憶部53を参照して、縮退故障モードとオープン故障モードとブリッジ故障モードの故障候補とその関係故障端子情報を取り出し、混合故障候補リストを作成する。

【 0 0 3 8 】

余剰故障候補除外手段342は、オープン故障候補のある故障候補と同一のノー

ドの故障候補が、縮退故障候補にあり、かつ、両者の関係故障端子情報が同一である場合に、混合故障候補リストからそのオープン故障候補を除外する。混合故障候補ソート手段343は、故障候補重み検索手段341、および、余剰故障候補除外手段342を通して得られた混合故障候補を、各故障候補の関係故障出力端子の数を重みとして、ソートする。混合故障候補出力手段344は、混合故障候補ソート手段343によって得られた故障候補リストを混合故障候補記憶部54、および、出力装置6に出力する。

【 0 0 3 9 】

図6は、第1の実施の形態の故障箇所推定システムの動作を示す流れ図である。したがって、前述の図1～図5と、図6の流れ図を参照して、本発明における第1の実施の形態の故障箇所推定システムの動作について説明する。まず、誤り伝搬経路推定処理装置2において、論理回路の故障出力端子から入力方向に誤り伝搬経路を推定し、故障出力に誤り状態を伝搬する可能性のある誤り伝搬経路を求める(ステップA1)。次に、縮退故障重み付け手段31において、縮退故障モードの故障候補を求めて(ステップA2)、オープン故障重み付け手段32において、オープン故障モードの故障候補を求める(ステップA3)。次に、ブリッジ故障重み付け手段33において、ブリッジ故障モードの故障候補を求める(ステップA4)。そして、混合故障候補出力手段34において、混合故障候補を出力する(ステップA5)。

【 0 0 4 0 】

次に、図6の各ステップの動作を詳細に説明する。最初に誤り伝搬経路の推定について図1と図7を用いて詳細に説明する。尚、図7は、図6の流れ図における誤り伝搬経路を推定する動作の詳細な流れ図である。まず、故障端子検索手段21において論理回路構成記憶部41に記憶された回路構成と、論理状態記憶部42に記憶された論理状態を参照して、故障出力端子を検索する(ステップA11)。ここで、検索対象の故障出力端子を検出した場合は、ステップA13に処理を進める。もし、検索対象がない場合は、誤り伝搬経路推定を終了する(ステップA12)。次に、部分回路抽出手段22において、論理回路構成記憶部41に記憶された回路構成を参照して、故障端子検索21で検索した故障出力端子に関係する部分回路を抽出する(ステップA13)。この部分回路の抽出は、特開平10-062494公報に記載されてい

るように、入出力方向に数回回路をトレースして抽出してもよいし、回路設計における階層を利用してもよい。

【 0 0 4 1 】

次に、ステップA14において、部分回路内論理状態推定手段23は、論理回路構成記憶部41に記憶された回路構成と、論理状態記憶部42に記憶された部分回路の境界の論理状態を参照して、部分回路内部の誤り伝搬経路を推定する。さらに、論理状態登録手段24において、ステップA14において推定した部分回路の論理状態を論理状態記憶部42に登録する(ステップA15)。そして、ステップA16において、第1の関係端子登録手段25は、ステップA14において推定した部分回路内部の誤り伝搬経路を参照して、誤り伝搬経路上の各ノード(ゲート、信号線)が関係する故障出力端子を求め、第1の関係故障端子記憶部43に登録する(ステップA16)。次に、ステップA11に戻り、さらに未処理の故障端子を検索し、前述と同様のステップを繰り返す。

【 0 0 4 2 】

図8は、図6の流れ図における縮退故障の重み付け動作の詳細な流れ図である。したがって、前述の図2の縮退故障重み付け手段の構成図と、図8の流れ図を用いて、縮退故障の重み付け動作について詳細に説明する。まず、ステップB1において、関係故障端子情報検索手段311は、第1の関係故障端子記憶部43を参照して、指定した時刻の誤り伝搬経路上の各ノードの関係故障出力端子を検索する。次に、ステップB2において、第1の関係故障端子情報マージ手段312は、誤り伝搬経路上の各ノードにおいて故障状態の論理が同一である場合に、関係端子情報を重ね合わせる。例えば、ノードAが時刻T1と時刻T2において誤り伝搬経路上にあり、論理が両方とも '0' で、期待値が '1' の時、故障候補A-sa0 (sa0は0縮退故障モードを表し、sa1は1縮退故障モードを表す)の関係故障端子は、ノードAの時刻T1と時刻T2における関係故障端子情報を重ね合わせることで得られる。しかし、両方の論理が異なる場合には別々の故障A-sa0, A-sa1として扱うため、ノードAに関して関係故障端子情報を重ね合わせることはしない。

【 0 0 4 3 】

次に、マージ終了判定手段313は、全時刻の関係端子情報のマージ処理を終了

したかを判定する(ステップB3)。処理が終了していない場合には、ステップB1の関係故障端子情報の検索に戻る。また、処理が終了していると判定した場合には、次のステップB4に処理を移る。そして、縮退故障候補ソート手段314は、ステップB2によって得られた各故障候補の関係故障出力端子の数を重みとして、縮退故障モードの故障候補をソートする(ステップB4)。次に、ステップB5において、縮退故障候補出力手段315は、ステップB4によって得られた故障候補リスト、および、各故障候補の関係端子情報を、縮退故障候補記憶部51、および、出力装置6に出力する。

【 0 0 4 4 】

図9は、図6の流れ図におけるオープン故障の重み付け動作の詳細な流れ図である。したがって、前述の図3のオープン故障重み付け手段の構成図と、図9の流れ図を用いて、オープン故障の重み付けについて詳細に説明する。まず、ステップC1において、関係故障端子情報検索手段321は、第1の関係故障端子記憶部43を参照して、指定した時刻の誤り伝搬経路上の各ノードの関係故障出力端子を検索する。次に、ステップC2において、第2の関係故障端子情報マージ手段322は、誤り伝搬経路上の各ノードにおける関係端子情報を重ね合わせる。例えば、ノードAが時刻T1と時刻T2において誤り伝搬経路上にある場合、故障候補A-open (openはオープン故障モードを表す)の関係故障端子は、ノードAの時刻T1と時刻T2における関係故障端子情報を重ね合わせることで得られる。

【 0 0 4 5 】

次に、マージ終了判定手段323は、全時刻の関係端子情報のマージ処理を終了したかを判定する(ステップC3)。処理が終了していない場合には、ステップC1の関係故障端子情報の検索に戻る。また、処理が終了していると判定した場合には、次のステップC4に処理を移る。そして、オープン故障候補ソート手段324は、ステップC2によって得られた各故障候補の関係故障出力端子の数を重みとして、オープン故障モードの故障候補をソートする(ステップC4)。ステップC5において、オープン故障候補出力手段325は、ステップC4によって得られた故障候補リスト、および、各故障候補の関係端子情報を、オープン故障候補記憶部52、および、出力装置6に出力する。

【 0 0 4 6 】

図10は、図6の流れ図におけるブリッジ故障の重み付け動作の詳細な流れ図である。したがって、前述の図4のブリッジ故障重み付け手段の構成図と、図10の流れ図を用いて、ブリッジ故障の重み付けについて詳細に説明する。まず、ステップC1において、関係故障端子情報検索手段321は、第1の関係故障端子記憶部43を参照して、指定した時刻の誤り伝搬経路上の各ノードの関係故障出力端子を検索する。次に、ステップC2において、第2の関係故障端子情報マージ手段322は、誤り伝搬経路上の各ノードにおける関係端子情報を重ね合わせる。ここまでは、図9のオープン故障候補の重み付け動作と同一である。

【 0 0 4 7 】

次に、ステップD1において、故障候補選択手段331は、ステップC2で作成したオープン故障候補リストから2つの候補を選択して、故障候補対を作成する。そして、ステップD2において、条件外故障候補除外手段332は、故障候補選択手段331で選択した故障候補対の中から、条件外の故障候補対を除外する。具体的には、故障が生じるべき時刻で故障候補対の両者が同一の期待値を持つ場合は、ブリッジ故障によって故障状態となることはないので除外する。また、論理回路構成記憶部41に記憶された回路のレイアウト情報を参照して、故障候補選択手段331によって選択した2つの故障候補がレイアウト上で交わることがない場合には、ブリッジ故障とはなり得ないので除外する。

【 0 0 4 8 】

また、2つの故障候補の関係端子情報を重ね合わせたとしても、関係出力端子の数が小さいような故障候補対を除外することによって、故障の可能性が高いブリッジ故障のみを候補とすることができる。また、故障候補対の片方の故障候補の関係故障端子が、全故障出力端子を含んでいる場合は、その故障候補は縮退故障モード、あるいは、オープン故障モードの故障候補として得られているので、ブリッジ故障候補から除外することで、余分なブリッジ故障の重み付け処理を省くことができる。

【 0 0 4 9 】

次に、ステップD3において、第3の関係故障端子情報マージ手段333は、故障

候補選択手段331によって選択した2つの故障候補の関係端子情報を重ね合わせる。例えば、故障候補A-open、および、B-openが得られている場合、故障候補AB-bf (bfはブリッジ故障モードを表す)の関係故障端子は、故障候補A-openとB-openの関係故障端子情報を重ね合わせることで得られる。そして、マージ終了判定手段334は、全故障候補対の関係端子情報のマージ処理が終了したかを判定する(ステップD4)。次に、ステップD5において、ブリッジ故障候補ソート手段335は、ステップD3によって得られた故障候補対をブリッジ故障モードの故障候補として扱い、各故障候補の関係故障出力端子の数を重みとして、ブリッジ故障候補をソートする。そして、ステップD6において、ブリッジ故障候補出力手段336は、ステップD3によって得られた故障候補リストを、ブリッジ故障候補記憶部53、および、出力装置6に出力する。

【0050】

図11は、図6の流れ図における混合故障候補出力の動作の詳細な流れ図である。したがって、前述の図5の混合故障候補出力手段の構成図と、図11の流れ図を用いて、混合故障候補出力について詳細に説明する。まず、ステップE1において、故障候補重み検索手段341は、縮退故障候補記憶部51と、オープン故障候補記憶部52と、ブリッジ故障候補記憶部53を参照して、縮退故障モードとオープン故障モードとブリッジ故障モードの故障候補とその関係故障端子情報を取り出し、混合故障候補リストを作成する。次に、ステップE2において、余剰故障候補除外手段342は、オープン故障候補のある故障候補と同一のノードの故障候補が、縮退故障候補にあり、かつ、両者の関係故障端子情報が同一である場合に、混合故障候補リストからそのオープン故障候補を除外する。縮退故障候補の重み付けとオープン故障候補の重み付けの違いは、故障ノードの論理値を区別するかもしれないかである。

【0051】

したがって、縮退故障候補A-sa0とA-sa1の関係故障端子情報を重ね合わせたものが、オープン故障候補A-openの関係故障端子情報と等しくなるはずである。もし、A-sa0のみが縮退故障候補リストにあった場合には、縮退故障候補A-sa0とオープン故障候補A-openは実質的に同じ故障を表し、両者の関係端子情報は等しく

なるので、両者を混合故障候補に含めると重複した故障が含まれることになる。そこで、同じノードの縮退故障候補A-sa0（またはA-sa1）とオープン故障候補A-openの関係故障端子情報が同一である場合には、オープン故障候補A-openを除外することができる。次に、ステップE3において、混合故障候補ソート手段343は、ステップE1、および、ステップE2によって得られた混合故障候補を、各故障候補の関係故障出力端子の数を重みとして、ソートする。さらに、ステップE4において、混合故障候補出力手段344は、混合故障候補ソート手段343によって得られた故障候補リストを、混合故障候補記憶部54、および、出力装置6に出力する。

【 0 0 5 2 】

次に、前述の第1の実施の形態の故障箇所推定システムについて、具体的な実施例を図を参照して詳細に説明する。最初に、図1の故障箇所推定システムの構成図と、図7の誤り伝搬経路の推定流れ図と、図12の故障箇所推定モード説明図とを用いて、図6のステップA1の誤り伝搬経路の推定について詳細に説明する。図12において、6つのフリップフロップ(FF1, FF2, FF3, FF4, FF5, FF6)を含む順序回路において、時刻T+2に4つの故障出力F1, F2, F3, F4が観測された時に誤り伝搬経路を推定する場合を想定する。

【 0 0 5 3 】

まず、故障端子検索手段21において、論理回路構成記憶部41に記憶された回路構成と、論理状態記憶部42に記憶された論理状態を参照して、故障出力端子を検索し、時刻T+2において故障出力端子F1, F2, F3, F4が検出される(ステップA11)。ここで、故障出力端子が検出されたので、ステップA13に処理を進める(ステップA12)。つぎに、部分回路抽出手段22において、論理回路構成記憶部41に記憶された回路構成を参照して、故障端子F1, F2, F3, F4に関係する部分回路c1, c2, c3を抽出する(ステップA13)。ここでは、部分回路としてFF(Flip-Flop)に囲まれた組合せ回路を抽出している。次に、部分回路内論理状態推定手段23において、論理回路構成記憶部41に記憶された回路構成と、論理状態記憶部42に記憶された部分回路の境界の論理状態を参照して、部分回路内部の誤り伝搬経路を推定し、部分回路c1において経路p12、部分回路c2において経路p13, p14, p15、部分

回路c3において経路p16が得られる(ステップA14)。

【 0 0 5 4 】

次に、論理状態登録手段24において、ステップA14において推定した部分回路の論理状態を論理状態記憶部42に登録する(ステップA15)。また、時刻T+1の故障端子としてFF4, FF5, FF6を故障端子として登録する。ステップA16において、第1の関係端子登録手段25は、部分回路c1において、経路p12上のノードに関する故障出力端子として、F1を登録する。部分回路c2において、経路p13上のノードに関する故障出力端子として、F2, F3を登録し、経路p14上のノードに関する故障出力端子として、F2を登録し、経路p15上のノードに関する故障出力端子として、F3を登録する。そして、部分回路c3において、経路p16上のノードに関する故障出力端子として、F4を登録する。次に、ステップA11に戻り、未処理の故障端子を検索すると、FF4, FF5, FF6が検出され、ステップA11からA16の処理を繰り返し、部分回路c1～c7、および、経路p1～p16が得られる。

【 0 0 5 5 】

各部分回路における経路上において、以下の関係端子情報が登録される。部分回路C1において、p12: (F1)。部分回路c2において、p13: (F2, F3)、p14: (F2)、p15: (F3)。部分回路c3において、p16: (F4)。部分回路c4において、p6: (F1)、p7: (F1)、p8: (F1)。部分回路c5において、p9: (F2, F3, F4)、p10: (F2, F3)、p11: (F4)。部分回路c6において、p1: (F1)、p2: (F1)、p3: (F1)、p4: (F1)。部分回路c7において、p1: (F2, F3, F4)、p5: (F2, F3, F4)。

【 0 0 5 6 】

以上のようにして求めた誤り伝搬経路上のノードは、誤り状態が伝搬している可能性のある経路であり、誤り状態が発生している故障の候補でもある。そこで、図13のように、各時刻の故障候補の重み情報を重ね合わせる方法を変えることにより、様々な故障モードの対応した故障候補リストを作成することができる。尚、図13は、故障箇所推定モードにおける、各時刻の故障候補の重み情報を重ね合わせる方法を変える説明図である。

【 0 0 5 7 】

以下、具体例として、図14、図15、および、図16におけるノードA, B, C, Dに

関する故障候補重み付け処理の実施例を説明する。尚、図14～図16は、それぞれ、第1の実施の形態の故障箇所推定システムにおける、故障箇所推定モードの動作説明図である。先ず、図6のステップA2の縮退故障の重み付けについて、図2、図8、図14、図15、および、図16を用いて詳細に説明する。

先ず、図14と図15の処理を行う。図8のステップB1において、関係故障端子情報検索手段311は、第1の関係故障端子記憶部43を参照して、誤り伝搬経路上の各ノードの関係故障出力端子を検索する。その結果、図14の誤り伝搬経路から、A-sa0は(F1, F2, F3, F4)、B-sa0は(F1, F2, F3, F4)、C-sa1は(F1, F2)に故障状態を伝搬する可能性がある。また、図15の誤り伝搬経路から、A-sa1は(F5, F6)、B-sa0は(F5, F6)、C-sa1は(F5)、と関係している、という各故障候補における関係端子情報が得られる。

【 0 0 5 8 】

次に、ステップB2において、第1の関係故障端子情報マージ手段312は、誤り伝搬経路上の各ノードにおいて故障状態の論理が同一である場合に、関係端子情報を重ね合わせる。図14と図15の関係端子情報をマージして、B-sa0は(F1, F2, F3, F4, F5, F6)、C-sa1は(F1, F2, F5)という関係端子情報が得られる。次に、マージ終了判定手段313は、全時刻の関係端子情報のマージ処理を終了したかを判定する(ステップB3)。ここでは、図16の処理が終了していないので、ステップB1に処理が戻る。ステップB1において、図16の誤り伝搬経路から、D-sa0は(F5, F6)と関係しているという情報が得られ、情報をマージする(ステップB2)。これで、全ての経路を考慮したことになるので、ステップB3においてマージ処理が終了したと判定し、次のステップB4に処理を移る。ここまでの処理で、A-sa0: (F1, F2, F3, F4)、B-sa0: (F1, F2, F3, F4, F5, F6)、C-sa1: (F1, F2, F5)、A-sa1: (F5, F6)、D-sa0: (F5, F6)、と関係しているという情報が得られる。

【 0 0 5 9 】

次に、ステップB4において、縮退故障候補ソート手段314は、ステップB2によって得られた各故障候補の関係故障出力端子の数を重みとして、縮退故障モードの故障候補をソートし、B-sa0: (F1, F2, F3, F4, F5, F6)、A-sa0: (F1, F2, F3, F4)、C-sa1: (F1, F2, F5)、A-sa1: (F5, F6)、D-sa0: (F5, F6)、という故

障候補リストが得られる。最後に、ステップB5において、縮退故障候補出力手段315は、ステップB4によって得られた故障候補リスト、および、各故障候補の関係端子情報を縮退故障候補記憶部51、および、出力装置6に出力する。

【 0 0 6 0 】

次に、図6のステップA3のオープン故障の重み付けについて、図3、図9、図14、図15、および、図16を用いて詳細に説明する。まず、図14と図15の処理を行う。図9のステップC1において、関係故障端子情報検索手段321は、第1の関係故障端子記憶部43を参照して、誤り伝搬経路上の各ノードの関係故障出力端子を検索する。その結果、図14の誤り伝搬経路から、A-openは(F1, F2, F3, F4)、B-openは(F1, F2, F3, F4)、C-openは(F1, F2)に故障状態を伝搬する可能性がある。また、図15の誤り伝搬経路から、A-openは(F5, F6)、B-openは(F5, F6)、C-openは(F5)、と関係している、という各故障候補における関係端子情報が得られる。

【 0 0 6 1 】

次に、ステップC2において、第1の関係故障端子情報マージ手段322は、誤り伝搬経路上の各ノードにおいて故障状態の論理が同一である場合に、関係端子情報を重ね合わせる。図14と図15の関係端子情報をマージして、A-openは(F1, F2, F3, F4, F5, F6)、B-openは(F1, F2, F3, F4, F5, F6)、C-openは(F1, F2, F5)という関係端子情報が得られる。次に、マージ終了判定手段323は、全時刻の関係端子情報のマージ処理を終了したかを判定する(ステップC3)。ここでは、図16の処理が終了していないので、ステップC1に処理が戻る。ステップC1において、図16の誤り伝搬経路から、D-sa0は(F5, F6)と関係しているという情報が得られ、情報をマージする(ステップC2)。これで、全ての経路を考慮したことになるので、ステップC3においてマージ処理が終了したと判定し、次のステップC4に処理を移る。ここまでの処理で、A-open: (F1, F2, F3, F4, F5, F6)、B-open: (F1, F2, F3, F4, F5, F6)、C-open: (F1, F2, F5)、D-open: (F5, F6)、と関係しているという情報が得られる。

【 0 0 6 2 】

次に、ステップC4において、オープン故障候補ソート手段324は、ステップC2によって得られた各故障候補の関係故障出力端子の数を重みとして、オープン故

障モードの故障候補をソートし、A-open: (F1, F2, F3, F4, F5, F6)、B-open: (F1, F2, F3, F4, F5, F6)、C-open: (F1, F2, F5)、D-open: (F5, F6)、という故障候補リストが得られる。最後に、ステップC5において、オープン故障候補出力手段315は、ステップC4によって得られた故障候補リスト、および、各故障候補の関係端子情報をオープン故障候補記憶部52、および、出力装置6に出力する。

【 0 0 6 3 】

図6のステップA4のブリッジ故障の重み付けについて、図4、図10、図14、図15、および、図16を用いて詳細に説明する。まず、図14と図15の処理を行う。図10のステップC1において、関係故障端子情報検索手段321は、第1の関係故障端子記憶部43を参照して、誤り伝搬経路上の各ノードの関係故障出力端子を検索する。その結果、図14の誤り伝搬経路から、A-openは(F1, F2, F3, F4)、B-openは(F1, F2, F3, F4)、C-openは(F1, F2)に故障状態を伝搬する可能性がある。また、図15の誤り伝搬経路から、A-openは(F5, F6)、B-openは(F5, F6)、C-openは(F5)、と関係している、という各故障候補における関係端子情報が得られる。

【 0 0 6 4 】

次に、ステップC2において、第1の関係故障端子情報マージ手段322は、誤り伝搬経路上の各ノードにおいて故障状態の論理が同一である場合に、関係端子情報を重ね合わせる。図14と図15の関係端子情報をマージして、A-openは(F1, F2, F3, F4, F5, F6)、B-openは(F1, F2, F3, F4, F5, F6)、C-openは(F1, F2, F5)という関係端子情報が得られる。ここまでは、オープン故障候補の重み付けの動作と同一である。ステップD1において、故障候補選択手段331は、オープン故障モードの候補リストから2つの候補を選択して、故障候補対を作成する。ここでは、AB, AC, BC という故障候補対が得られる。

【 0 0 6 5 】

次にステップD2において、条件外故障候補除外手段332は、故障候補選択手段331で選択した故障候補対の中から、条件外の故障候補対を除外する。まず、故障が生じるべき時刻で故障候補対の両者が同一の期待値を持つ場合は、ブリッジ故障によって故障状態となることはないので除外する。ABは図14において、同一の

期待値 '1' を持ち、ACは図15において、同一の期待値 '0' を持つので除外する。また、故障候補対の片方の故障候補の関係故障端子が、もう一方の故障候補の関係故障端子を完全に含んでいる場合は、その故障候補は縮退故障モード、あるいは、オープン故障モードの故障候補として得られているので、ブリッジ故障候補から除外する。ここでは、C-openの関係端子は、A-openとB-openの関係端子に全て含まれているので、AC, BCの故障候補対は除外する。したがって、考慮する故障候補対がなくなったので、ステップD3では何も処理せず、ステップD4のマー ジ終了判定手段334の処理に移る。ここでは、図16の処理が終了していないので、ステップC1に処理が戻る。

【 0 0 6 6 】

次に、図14と図16の処理を考える。関係故障端子情報検索手段321は、第1の関係故障端子記憶部43を参照して、誤り伝搬経路上の各ノードの関係故障出力端子を検索する。その結果、図14の誤り伝搬経路から、A-openは(F1, F2, F3, F4)、B-openは(F1, F2, F3, F4)、C-openは(F1, F2)に故障状態を伝搬する可能性がある。また、図16の誤り伝搬経路から、D-openは(F5, F6)、と関係している、という各故障候補における関係端子情報が得られる。

次に、ステップC2において、第1の関係故障端子情報マージ手段322は、誤り伝搬経路上の各ノードにおいて故障状態の論理が同一である場合に、関係端子情報を重ね合わせる。図14と図16の関係端子情報をマージして、A-openは(F1, F2, F3, F4)、B-openは(F1, F2, F3, F4)、C-openは(F1, F2)、D-openは(F5, F6)という関係端子情報が得られる。

【 0 0 6 7 】

ステップD1において、故障候補選択手段331は、オープン故障モードの候補リストから2つの候補を選択して、故障候補対を作成する。ここでは、AB, AC, AD, BC, BD, CD という故障候補対が得られる。次にステップD2において、条件外故障候補除外手段332は、故障候補選択手段331で選択した故障候補対の中から、条件外の故障候補対を除外する。まず、故障が生じるべき時刻で故障候補対の両者が同一の期待値を持つものとして、AB, AC, BD, CDを除外する。また、故障候補対の片方の故障候補の関係故障端子が、もう片方の故障候補の関係故障端子

を完全に含んでいる場合として、AC, BC, ABの故障候補対は除外する。したがって、AD-bfがブリッジ故障の故障候補対として得られる。

【 0 0 6 8 】

ステップD3において、第3の関係故障端子情報マージ手段333は、故障候補選択手段331によって選択した2つの故障候補の関係端子情報を重ね合わせる。したがって、AD-bfの関係故障端子情報として、(F1, F2, F3, F4, F5, F6)が得られる。そして、マージ終了判定手段334で、再びステップC1の処理に移り、全故障候補対の関係端子情報のマージ処理が終了したかを判定する(ステップD4)。図15と図16は、同じ時刻T2の誤り伝搬経路で、同時に成り立つことはないので、ブリッジ故障の重ね合わせの処理は行わないので、ステップD5に処理を移る。ステップD5において、ブリッジ故障候補ソート手段335は、ステップD3によって得られた故障候補対をブリッジ故障モードの故障候補として扱い、各故障候補の関係故障出力端子の数を重みとして、ブリッジ故障候補をソートする。ブリッジ故障候補リストとして、AD-bf: (F1, F2, F3, F4, F5, F6) が得られる。ステップD6において、ブリッジ故障候補出力手段336は、ステップD5によって得られた故障候補リストをブリッジ故障候補記憶部53、および、出力装置6に出力する。

【 0 0 6 9 】

次に、混合故障候補出力について、図5と図11を用いて詳細に説明する。ステップE1において、故障候補重み検索手段341は、縮退故障候補記憶部51と、オープン故障候補記憶部52と、ブリッジ故障候補記憶部53を参照して、各故障モードの故障候補リストを取得する。混合故障候補リストとして、それらを混合した、B-sa0: (F1, F2, F3, F4, F5, F6)、A-sa0: (F1, F2, F3, F4)、C-sa1: (F1, F2, F5)、A-sa1: (F5, F6)、D-sa0: (F5, F6)、A-open: (F1, F2, F3, F4, F5, F6)、B-open: (F1, F2, F3, F4, F5, F6)、C-open: (F1, F2, F5)、D-open: (F5, F6)、AD-bf: (F1, F2, F3, F4, F5, F6)、が得られる。

【 0 0 7 0 】

次にステップE2において、余剰故障候補除外手段342は、オープン故障候補のある故障候補と同一のノードの故障候補が、縮退故障候補にあり、かつ、両者の

関係故障端子情報が同一である場合に、混合故障候補リストからそのオープン故障候補を除外する。すなわち、B-sa0とB-openの関係故障端子情報は同一であるので、B-openは冗長な候補として除外する。同様に、C-open、D-openを除外する。その結果、B-sa0: (F1, F2, F3, F4, F5, F6)、A-sa0: (F1, F2, F3, F4)、C-sa1: (F1, F2, F5)、A-sa1: (F5, F6)、D-sa0: (F5, F6)、A-open: (F1, F2, F3, F4, F5, F6)、AD-bf: (F1, F2, F3, F4, F5, F6)、が得られる。

【 0 0 7 1 】

ステップE3において、混合故障候補ソート手段343は、ステップE1、および、ステップE2によって得られた混合故障候補を、各故障候補の関係故障出力端子の数を重みとしてソートして、B-sa0: (F1, F2, F3, F4, F5, F6)、A-open: (F1, F2, F3, F4, F5, F6)、AD-bf: (F1, F2, F3, F4, F5, F6)、A-sa0: (F1, F2, F3, F4)、C-sa1: (F1, F2, F5)、A-sa1: (F5, F6)、D-sa0: (F5, F6)、が得られる。

ステップE4において、混合故障候補出力手段344は、ステップE3によって得られた故障候補リストを、混合故障候補記憶部54、および、出力装置6に出力する。

【 0 0 7 2 】

次に、本発明の第2の実施の形態における故障箇所推定システムについて、図面を参照して詳細に説明する。図17は、本発明における第2の実施の形態の故障箇所推定システムの構成を示すブロック図であり、先ず、同図を参照して構成を説明する。第2の実施の形態の故障箇所推定システムは、誤り伝搬経路推定処理装置2が、図1に示された誤り伝搬経路推定処理装置2の構成の第1の関係端子登録手段25の代わりに、第2の関係端子登録手段26を有する点で異なる。また、記憶装置4が、図1に示された記憶装置4の構成の第1の関係故障端子記憶部43の代わりに、第2の関係故障端子記憶部44を有する点で異なる。

【 0 0 7 3 】

第2の関係端子登録手段26は、部分回路内論理状態推定手段23によって推定された部分回路の誤り伝搬経路を参照して、誤り伝搬経路上のノード(ゲート、信号線)が関係する部分回路の出力端子を第2の関係故障端子記憶部44に登録し、

さらに、部分回路において誤り伝搬経路が通る出力端子が関係する論理回路の故障出力端子を第2の関係故障端子記憶部44に登録する。第2の関係故障端子記憶部44は、関係故障端子を階層的に管理する。すなわち、各部分回路内のノードと部分回路の出力端子との関係と、部分回路の出力端子と論理回路の故障出力端子との関係を別々に管理し、誤り伝搬経路上のノードにおける関係故障端子情報を得るには、誤り伝搬経路上のノードに關係する部分回路の出力端子を検索し、その部分回路の出力端子に關係する故障出力端子を検索する。

【 0 0 7 4 】

次に、第2の実施の形態の故障箇所推定システムの動作を、図面を参照して詳細に説明する。図18は、図17に示す第2の実施の形態の故障箇所推定システムの動作を示す流れ図である。したがって、図17、図18を用いて動作を説明する。尚、第2の実施の形態における誤り伝播経路推定処理装置2において、故障端子検索手段21と、部分回路抽出手段22と、部分回路内論理状態推定手段23と、論理状態登録手段24、および、故障候補重み付け処理装置3は、第1の実施の形態の各手段21、22、23、24および、3の動作と同一のため、その説明を省略する。

【 0 0 7 5 】

すなわち、ステップA17において、第2の関係端子登録手段26は、部分回路内論理状態推定手段23によって推定された部分回路の誤り伝搬経路を参照して、誤り伝搬経路上のノード(ゲート、信号線)が關係する部分回路の出力端子を第2の関係故障端子記憶部44に登録し、さらに、部分回路において誤り伝搬経路が通る出力端子が關係する論理回路の故障出力端子を、第2の関係故障端子記憶部44に登録する。

【 0 0 7 6 】

次に、第2の実施の形態の具体的な実施例の動作を図を参照して詳細に説明する。最初に、図17、図18と図12を用いて、誤り伝搬経路の推定について詳細に説明する。図12において、6つのフリップフロップ(FF1, FF2, FF3, FF4, FF5, FF6)を含む順序回路において、時刻T+2に4つの故障出力F1, F2, F3, F4が観測された時に誤り伝搬経路を推定する場合を想定する。

まず、故障端子検索手段21において、論理回路構成記憶部41に記憶された回路

構成と、論理状態記憶部42に記憶された論理状態を参照して、故障出力端子を検索し、時刻T+2において故障出力端子F1,F2,F3,F4が検出される(ステップA11)。ここで、故障出力端子が検出されたので、ステップA13に処理を進める(ステップA12)。

【 0 0 7 7 】

次に、部分回路抽出手段22において、論理回路構成記憶部41に記憶された回路構成を参照して、故障端子 F1, F2, F3, F4 に関係する部分回路 c1, c2, c3 を抽出する(ステップA13)。ここでは、部分回路としてFF(Flip-Flop)に囲まれた組合せ回路を抽出している。さらに、部分回路内論理状態推定手段23において、論理回路構成記憶部41に記憶された回路構成と、 論理状態記憶部42に記憶された部分回路の境界の論理状態を参照して、部分回路内部の誤り伝搬経路を推定し、部分回路c1において経路p12、部分回路c2において経路p13, p14, p15、部分回路c3において経路p16が得られる(ステップA14)。次に、論理状態登録手段24において、ステップA14において推定した部分回路の論理状態を論理状態記憶部42に登録する(ステップA15)。また、時刻T+1の故障端子としてFF4, FF5, FF6を故障端子として登録する。

【 0 0 7 8 】

次に、ステップA17において、第2の関係端子登録手段25は、部分回路c1において、経路p12上のノードに関係する故障出力端子として、F1を登録する。部分回路c2において、経路p13上のノードに関係する故障出力端子として、F2, F3を登録し、経路p14上のノードに関係する故障出力端子として、F2を登録し、経路p15上のノードに関係する故障出力端子として、F3を登録する。部分回路c3において、経路p16上のノードに関係する故障出力端子として、F4を登録する。次に、ステップA11に戻り、未処理の故障端子を検索すると、FF4, FF5, FF6が検出され、ステップA11からA16の処理を繰り返し、部分回路c1～c7、および、経路p1～p16が得られる。

【 0 0 7 9 】

各部分回路における経路上において、以下の関係端子情報が第2の関係故障端子記憶部44に登録される。部分回路C1において、p12: (F1)。部分回路c2におい

て、p13: (F2, F3)、p14: (F2)、p15: (F3)。部分回路c3において、p16: (F4)。部分回路c4において、p6: (FF4)、 p7: (FF4)、 p8: (FF4)、 FF4: (F1)。部分回路c5において、p9: (FF5, FF6)、p10: (FF5)、p11: (FF6)、FF5: (F2, F3)、FF6: (F4)。部分回路c6において、p1: (FF1, FF2)、p2: (FF1, FF2)、 p3: (FF1)、p4: (FF2)、FF1: (F1)、FF2: (F1)。部分回路c7において、p1: (FF3)、 p5: (FF3)、FF3: (F2, F3, F4)。

【 0 0 8 0 】

このように、関係端子情報を階層的に管理することにより、関係端子情報に関するデータ量を少なくすることが可能である。例えば、部分回路c6における誤り伝搬経路p9上のノードの関係故障端子情報は、図19に示すように階層的に管理される。また、図20に示すように相互の関係を記録することで、関係端子情報を双方向検索することが可能となる。尚、図19は、第2の実施の形態において、関係故障端子情報が階層的に管理される状態を示す説明図である。また、図20は、第2の実施の形態において、関係故障端子情報の相互の関係を記録する状態を示す図である。

【 0 0 8 1 】

以上のようにして求めた誤り伝搬経路上のノードは、誤り状態が伝搬している可能性のある経路であり、誤り状態が発生している故障の候補でもある。そこで、図13のように、各時刻の故障候補の重み情報を重ね合わせる方法を変えることにより、様々な故障モードの対応した故障候補リストを作成することができる。

【 0 0 8 2 】

次に、本発明の第3の実施の形態における故障箇所推定システムについて、図面を参照して詳細に説明する。図21は、本発明における第3の実施の形態の故障箇所推定システムの構成を示すブロック図である。図21を参照すると、本発明の第3の実施の形態は、図17に示す第2の実施の形態に加えて、誤り伝播経路推定プログラムを記録した記録媒体7、および、故障候補重み付けプログラムを記録した記録媒体8を備えている。この記録媒体7および記録媒体8は、磁気ディスクや半導体メモリやその他の記録媒体であればよい。誤り伝搬経路推定プログラム

は、記録媒体7から誤り伝搬経路推定装置9に読み込まれ、誤り伝搬経路推定装置9の動作を制御する。故障候補重み付けプログラムは、記録媒体8から故障候補重み付け処理装置10に読み込まれ、故障候補重み付け処理装置10の動作を制御する。

【0083】

誤り伝搬経路推定装置9は、故障箇所推定プログラムの制御により、前述した第1および第2の実施の形態における誤り伝搬経路推定装置2による処理と同一の処理を実行する。すなわち、入力装置1から対象ゲートの入出力端子の論理状態が与えられると、論理回路構成記憶部41に記憶されているゲートの回路構成、および、論理状態記憶部42に記憶されている論理回路内部の論理状態を参照し、論理回路内部の誤り伝搬経路を推定し、新たに推定した論理状態および誤り伝搬経路を論理状態記憶部42に、誤り伝搬経路上のノードに関係故障端子情報を第1の関係故障端子記憶部43に記録する。

【0084】

次に、故障候補重み付け処理装置3において、縮退故障重み付け手段31は、論理状態記憶部42と第1の関係故障端子記憶部43を参照して、縮退故障モードの故障候補リストを縮退故障候補記憶部51、および、出力装置6に出力する。オープン故障重み付け手段32は、第1の関係故障端子記憶部43を参照して、オープン故障モードの故障候補リストをオープン故障候補記憶部52、および、出力装置6に出力する。ブリッジ故障重み付け手段33は、論理状態記憶部42と第1の関係故障端子記憶部43を参照して、ブリッジ故障モードの故障候補リストをブリッジ故障候補記憶部53、および、出力装置6に出力する。混合故障候補出力手段34は、縮退故障候補記憶部51、オープン故障候補記憶部52、および、ブリッジ故障候補記憶部53を参照して、混合故障モードの故障候補リストを混合故障候補記憶部54、および、出力装置6に出力する。

【0085】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の故障箇所推定システムによれば、部分回路の誤り伝搬経路上のノードにおける関係故障端子を検索し、論理値が同一であるノード

ドの関係故障端子情報をマージすることにより、縮退故障モードにおける故障候補リストが得られる。したがって、縮退故障モードの故障に対する重み付けができる。また、本発明の故障箇所推定システムによれば、部分回路の誤り伝搬経路上のノードにおける関係故障端子を検索し、ノードの関係故障端子情報をマージすることにより、オープン故障モードにおける故障候補リストが得られる。よって、オープン故障モードの故障に対する重み付けができる。さらに、本発明の故障箇所推定システムによれば、部分回路の誤り伝搬経路上のノードにおける関係故障端子を検索し、ノードの関係故障端子情報をマージして、部分回路におけるオープン故障候補を得た後、2つの故障候補を選択して故障候補対を作成し、故障候補対の関係故障端子情報をマージすることにより、ブリッジ故障モードにおける故障候補リストが得られる。したがって、ブリッジ故障モードの故障に対する重み付けを行うことができる。

【 0 0 8 6 】

また、本発明の故障箇所推定システムによれば、各故障モードの故障候補リストを混合して、各候補の関係故障端子の数によってソートして、混合故障候補リストが得られる。よって、縮退故障モードやオープン故障モードやブリッジ故障モードの故障候補を含む故障候補リストを得ることができる。さらに、本発明の故障箇所推定システムによれば、関係故障端子情報を階層的に管理しているので、関係故障端子情報のデータ量を少なくできることである。

【 0 0 8 7 】

また、本発明の故障箇所推定システムによれば、経路追跡型の故障箇所推定手法は、故障モードによって誤り伝搬経路の推定処理をやり直す必要がなく、重み付け処理を追加することで、様々な故障モードに対する重み付けが可能である。したがって、処理量を増大することなく、様々な故障モードの故障候補リストを得ることができる。さらに、各故障モードにおいて重み付けを行うことで、必ずしも全ての故障出力端子を説明できなくても故障候補リストの上位に重み付けすることが可能である。よって、ノイズデータを含んだテスト結果を用いた場合において、様々な故障モードの故障候補リストを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明における第 1 の実施の形態の故障箇所推定システムの構成を示すブロック図である。

【図 2】 図 1 の故障箇所推定システムにおける縮退故障重み付け手段 31 の詳細な構成図ある。

【図 3】 図 1 の故障箇所推定システムにおけるオープン故障重み付け手段 32 の詳細な構成図ある。

【図 4】 図 1 の故障箇所推定システムにおけるブリッジ故障重み付け手段 33 の詳細な構成図ある。

【図 5】 図 1 の故障箇所推定システムにおける混合故障候補出力手段 34 の詳細な構成図ある。

【図 6】 第 1 の実施の形態の故障箇所推定システムの動作を示す流れ図である。

【図 7】 図 6 の流れ図における誤り伝搬経路を推定する動作の詳細な流れ図である。

【図 8】 図 6 の流れ図における縮退故障の重み付け動作の詳細な流れ図である。

【図 9】 図 6 の流れ図におけるオープン故障の重み付け動作の詳細な流れ図である。

【図 10】 図 6 の流れ図におけるブリッジ故障の重み付け動作の詳細な流れ図である。

【図 11】 図 6 の流れ図における混合故障候補出力の動作の詳細な流れ図である。

【図 12】 故障箇所推定システムにおける故障箇所推定モードの動作説明図である。

【図 13】 故障箇所推定モードにおける、各時刻の故障候補の重み情報を重ね合わせる方法を変える説明図である。

【図 14】 第 1 の実施の形態の故障箇所推定システムにおける、故障箇所推定モードの第 1 の動作説明図である。

【図 15】 第 1 の実施の形態の故障箇所推定システムにおける、故障箇所

推定モードの第 2 の動作説明図である。

【図 1 6】 第 1 の実施の形態の故障箇所推定システムにおける、故障箇所推定モードの第 3 の動作説明図である。

【図 1 7】 本発明における第 2 の実施の形態の故障箇所推定システムの構成を示すブロック図である。

【図 1 8】 図 17 に示す第 2 の実施の形態の故障箇所推定システムの動作を示す流れ図である。

【図 1 9】 第 2 の実施の形態において、関係故障端子情報が階層的に管理される状態を示す説明図である。

【図 2 0】 第 2 の実施の形態において、関係故障端子情報の相互の関係を記録する状態を示す図である。

【図 2 1】 本発明における第 3 の実施の形態の故障箇所推定システムの構成を示すブロック図である。

【図 2 2】 従来の故障箇所推定システムの構成を示すブロック図である。

【図 2 3】 図 22 に示す従来の故障箇所推定システムの動作を示す流れ図である。

【符号の説明】

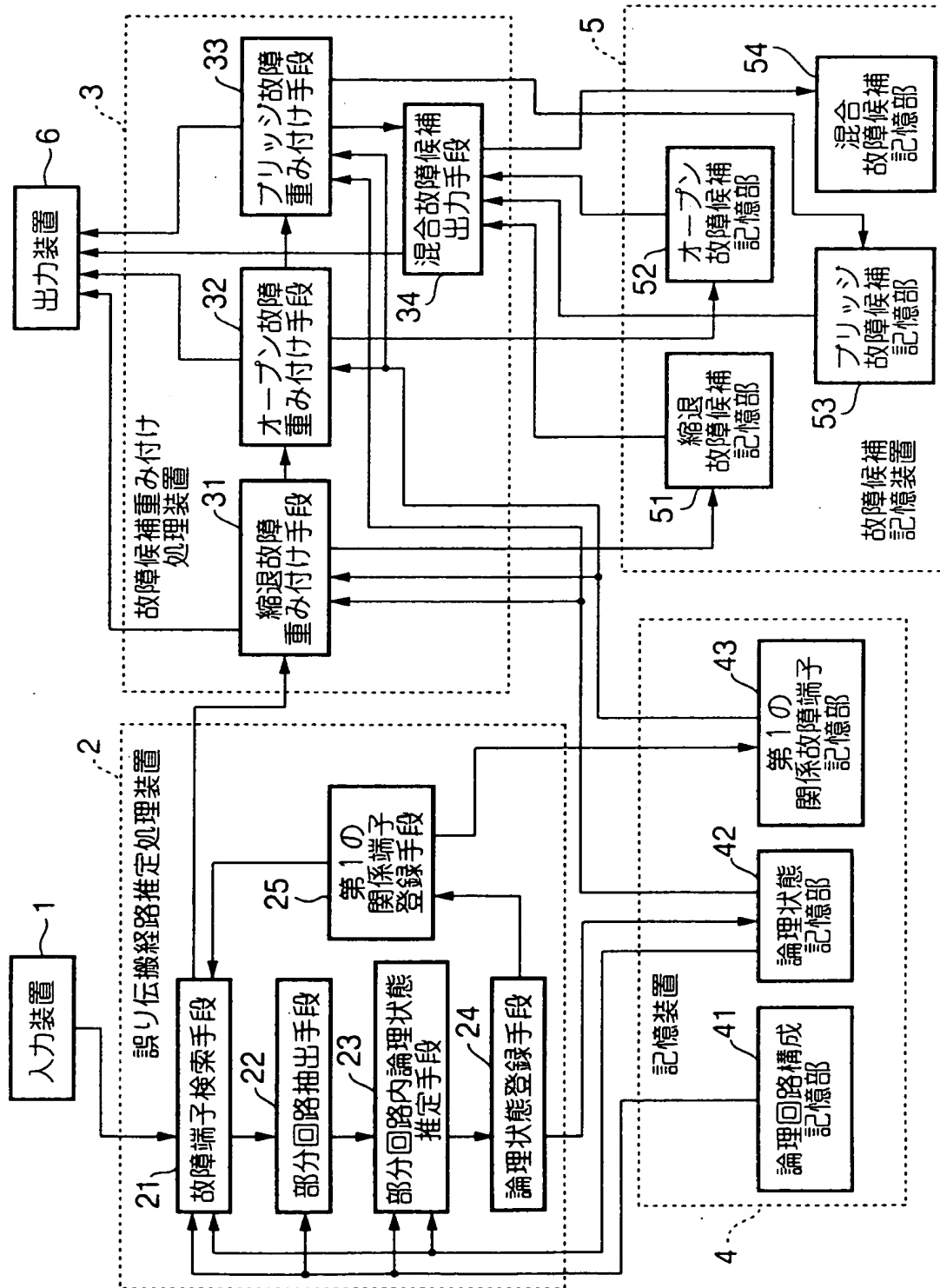
- 1 入力装置
- 2 誤り伝搬経路推定処理装置
- 3 故障候補重み付け処理装置
- 4 記憶装置
- 5 故障候補記憶装置
- 6 出力装置
- 7 記録媒体
- 8 記録媒体
- 21 故障端子検索手段
- 22 部分回路抽出手段
- 23 部分回路内論理状態推定手段
- 24 論理状態登録手段

- 25 第1の関係端子登録手段
- 26 第2の関係端子登録手段
- 31 縮退故障重み付け手段
- 32 オープン故障重み付け手段
- 33 ブリッジ故障重み付け手段
- 34 混合故障候補出力手段
- 41 論理回路構成記憶部
- 42 論理状態記憶部
- 43 第1の関係故障端子記憶部
- 44 第2の関係故障端子記憶部
- 51 縮退故障候補記憶部
- 52 オープン故障候補記憶部
- 53 ブリッジ故障候補記憶部
- 54 混合故障候補記憶部
- 311 関係故障端子情報検索手段
- 312 第1の関係故障端子情報マージ手段
- 313 マージ終了判定手段
- 314 縮退故障候補ソート手段
- 315 縮退故障候補出力手段
- 321 関係故障端子情報検索手段
- 322 第2の関係故障端子情報マージ手段
- 323 マージ終了判定手段
- 324 オープン故障候補ソート手段
- 325 オープン故障候補出力手段
- 331 故障候補選択手段
- 332 条件外故障候補除外手段
- 333 第3の関係故障端子情報マージ処理
- 334 マージ終了判定手段
- 335 ブリッジ故障候補ソート手段

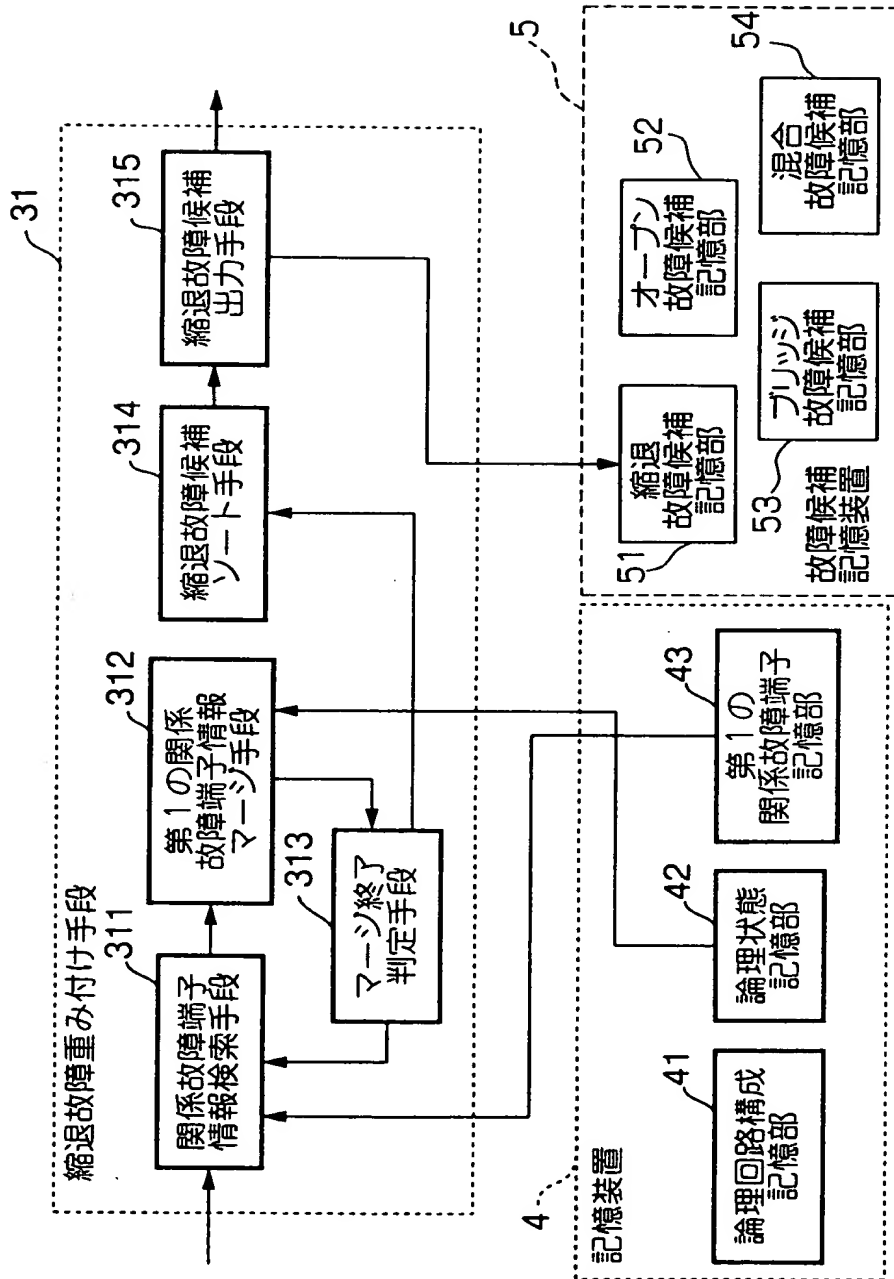
- 336 ブリッジ故障候補出力手段
- 341 故障候補重み検索手段
- 342 余剰故障候補除外処理
- 343 混合故障候補ソート手段
- 344 混合故障候補出力手段

【書類名】 図面

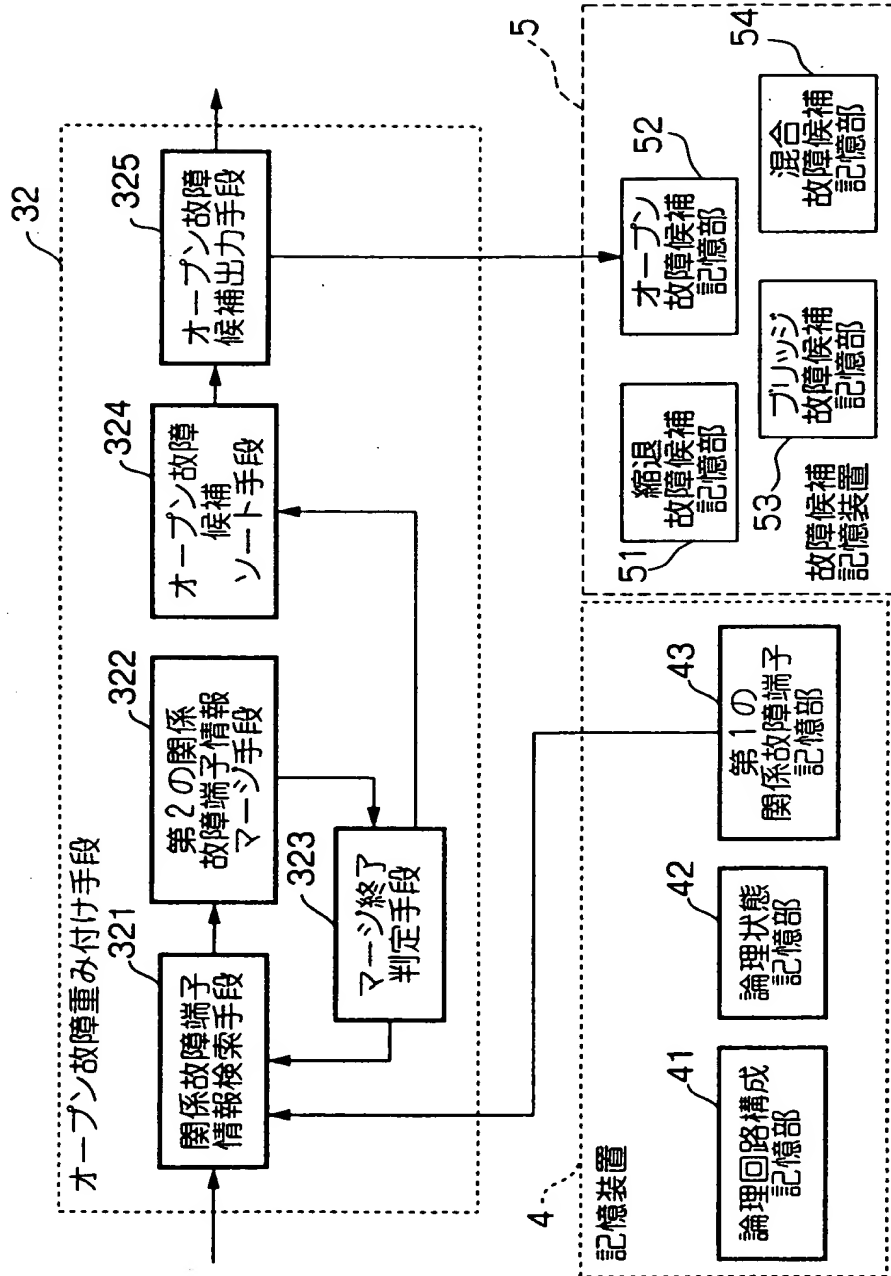
【図 1】



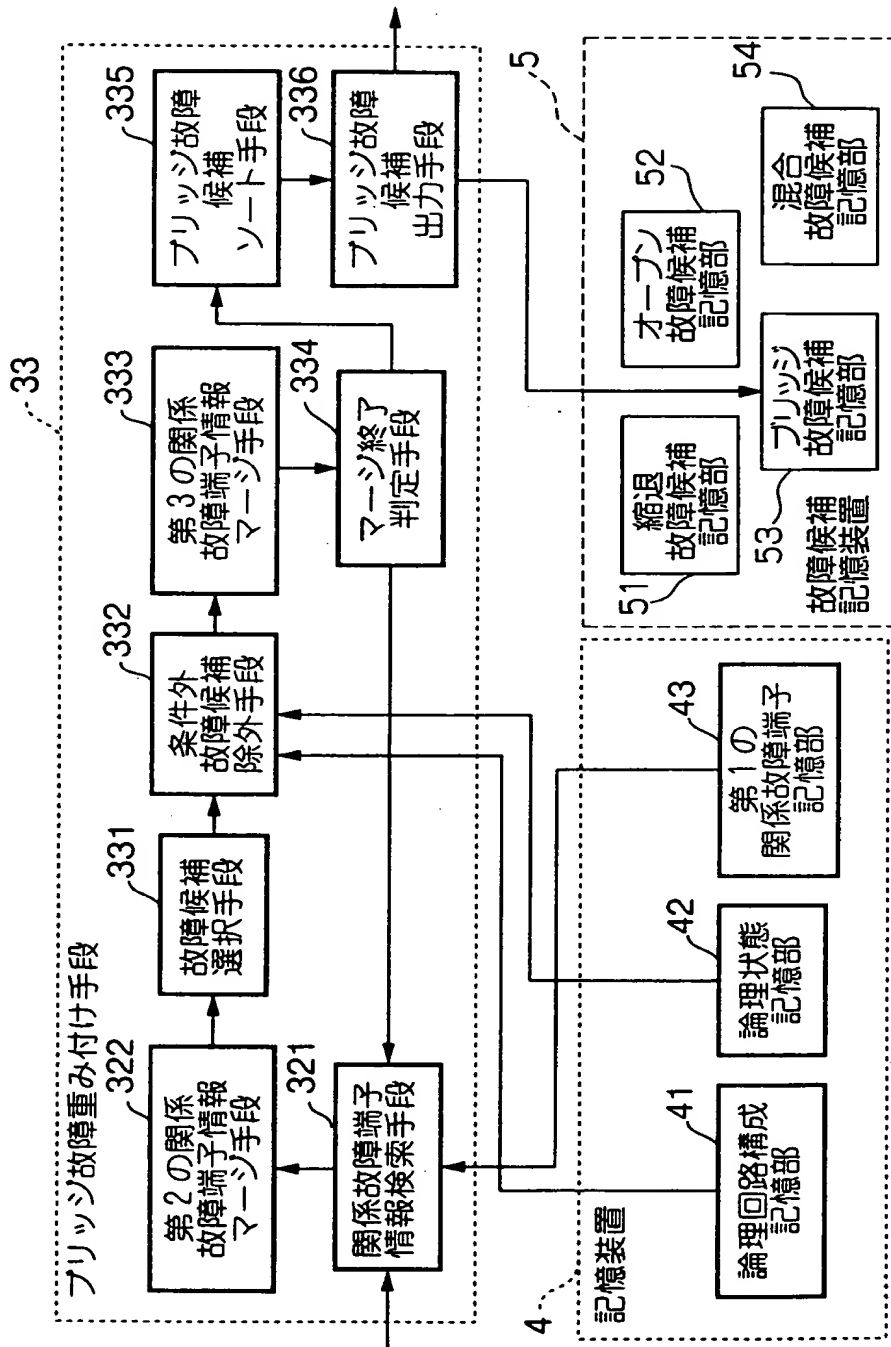
【図 2】



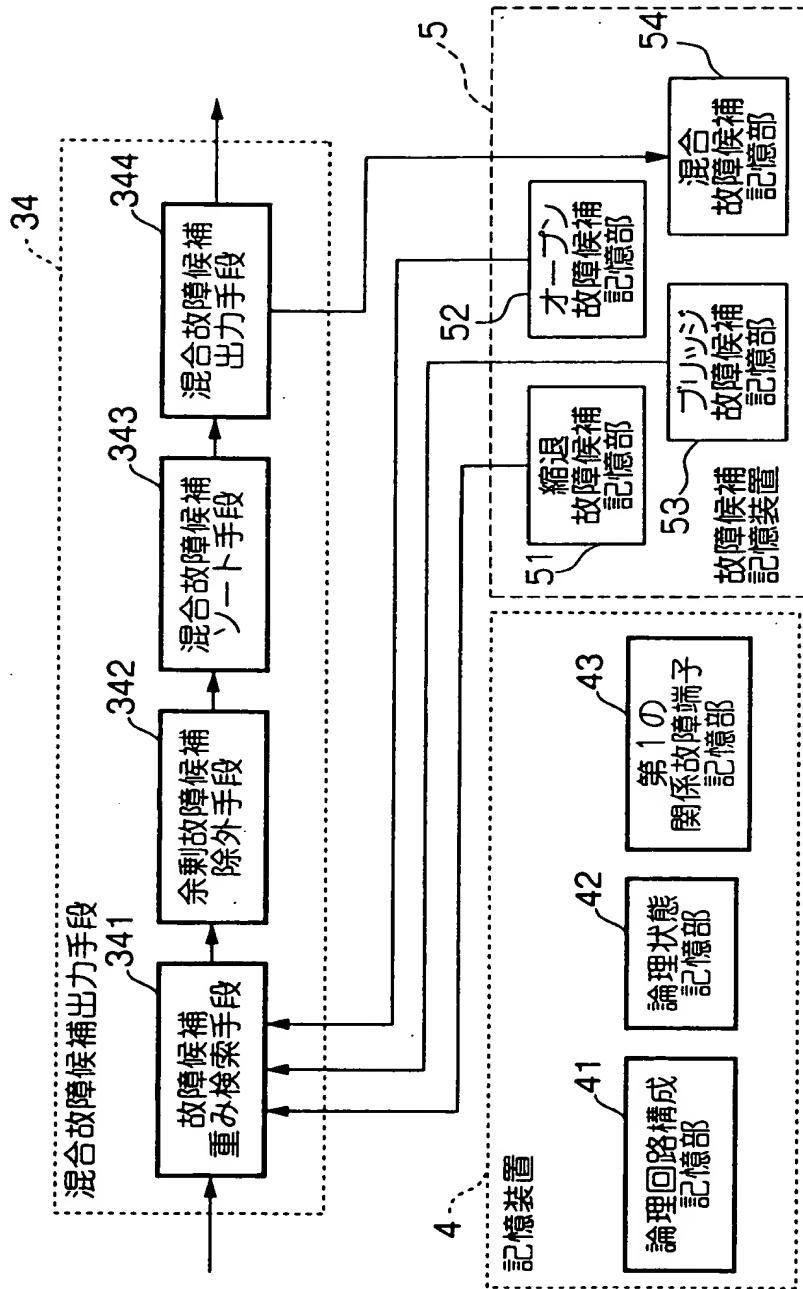
【図 3】



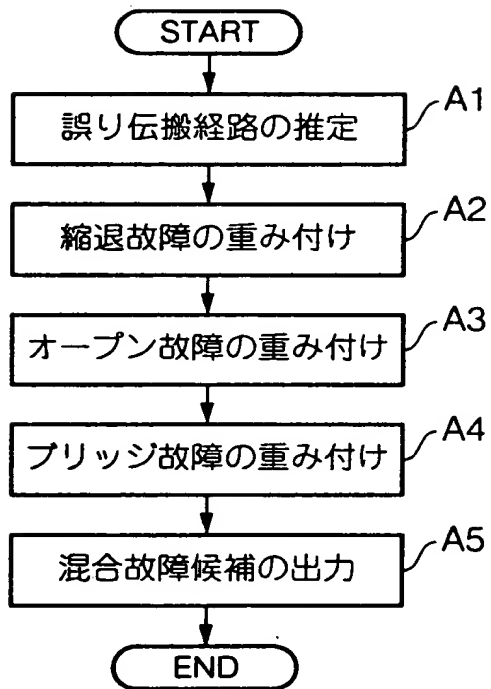
【図 4】



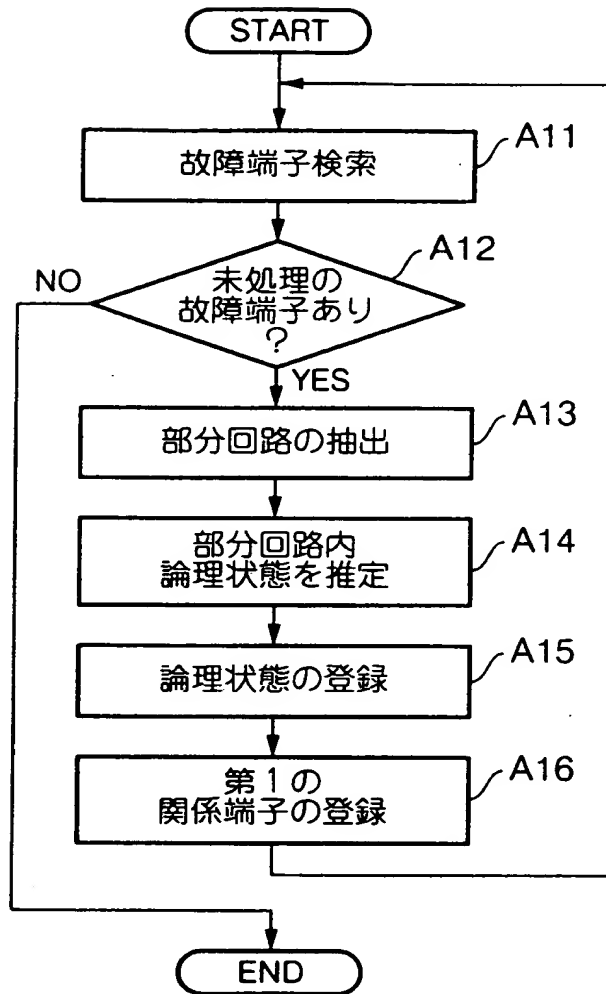
【図 5】



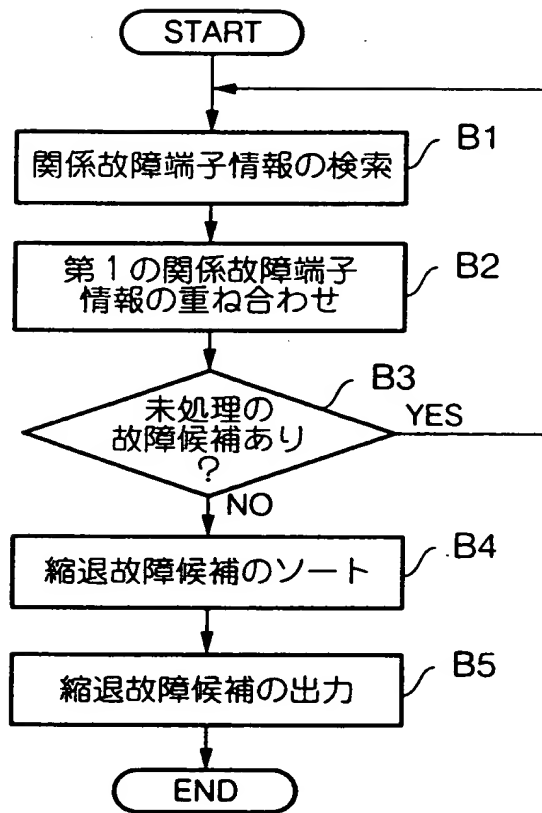
【図 6】



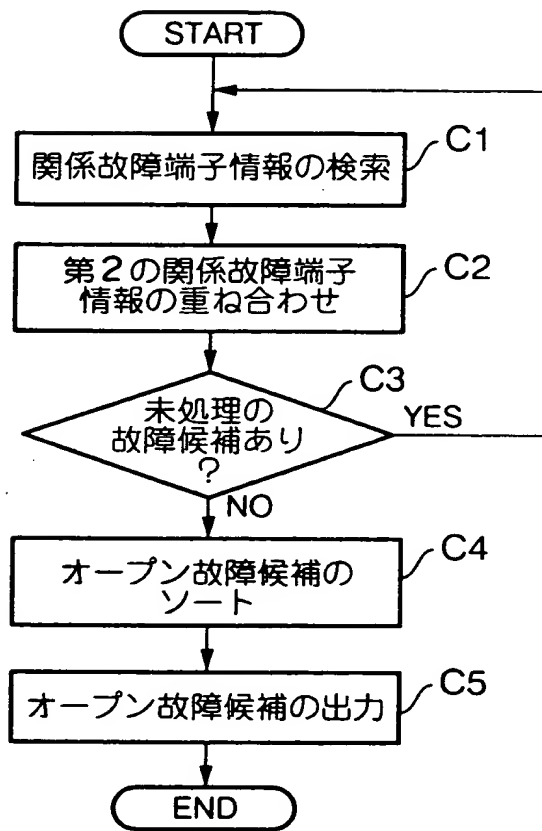
【図 7】



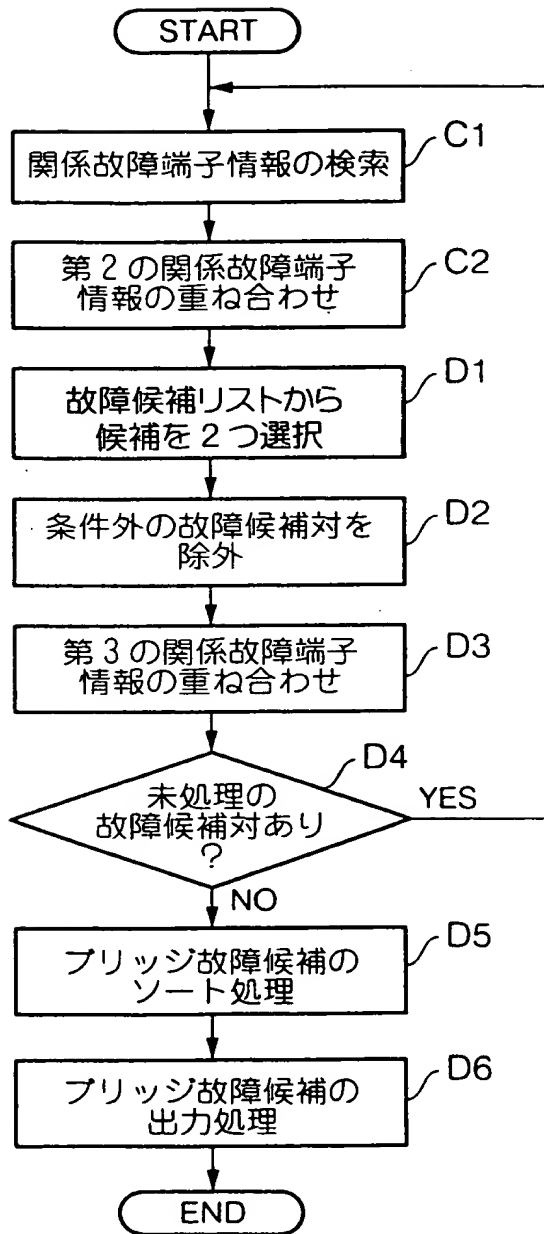
【図 8】



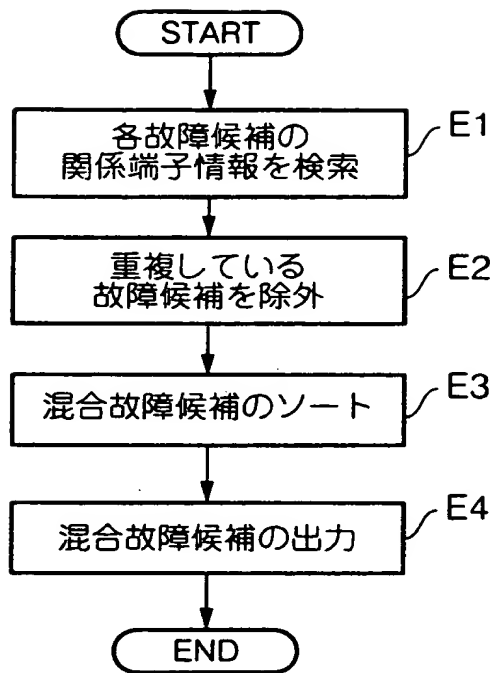
【図 9】



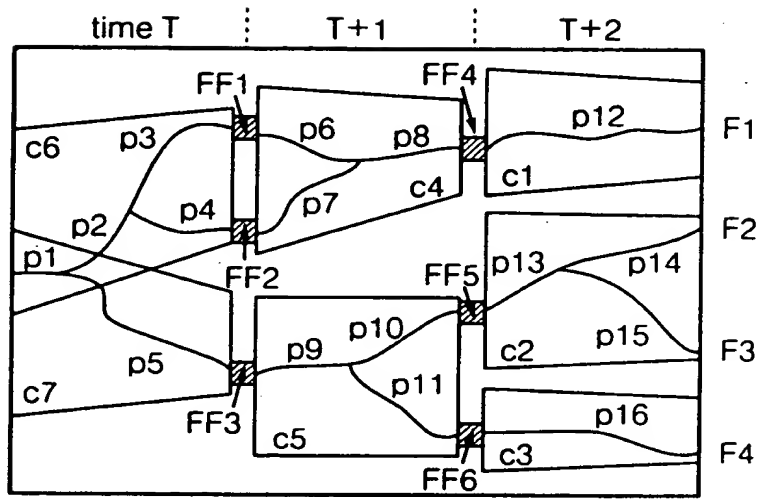
【図 1 0】



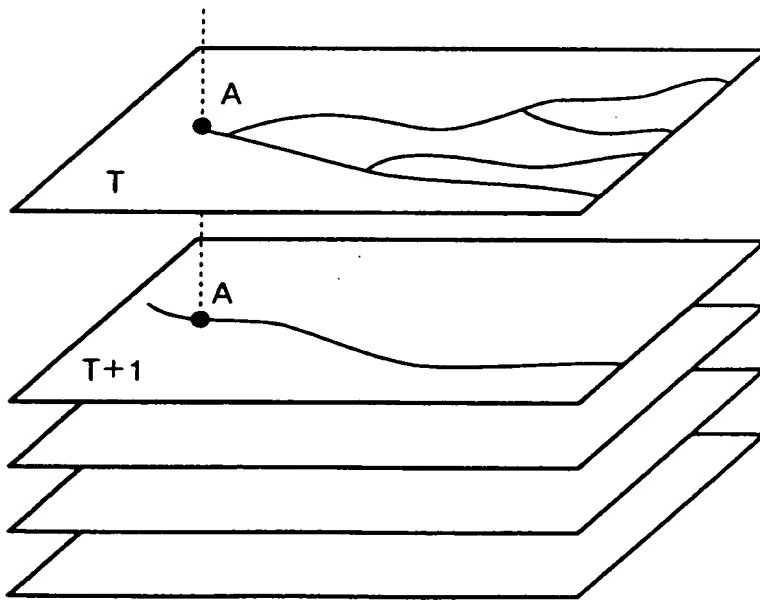
【図 1 1】



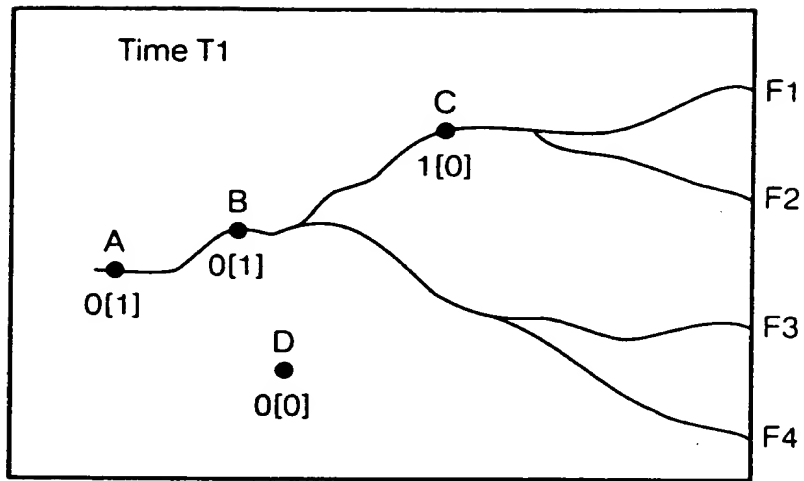
【図 1 2】



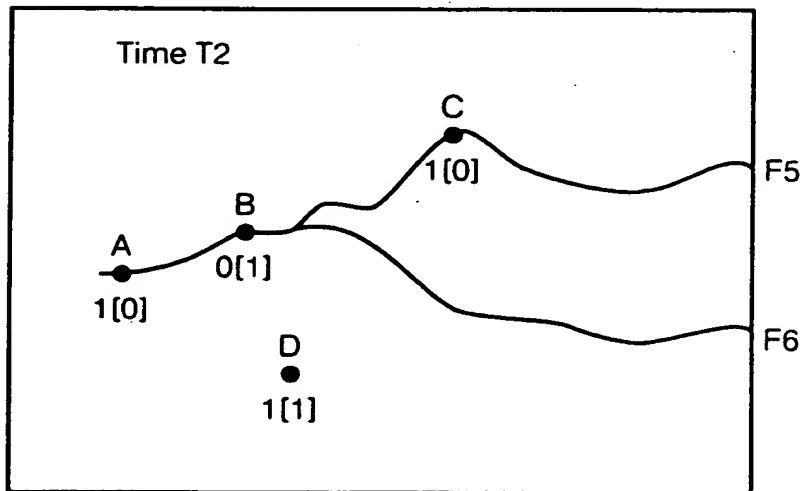
【図 1 3】



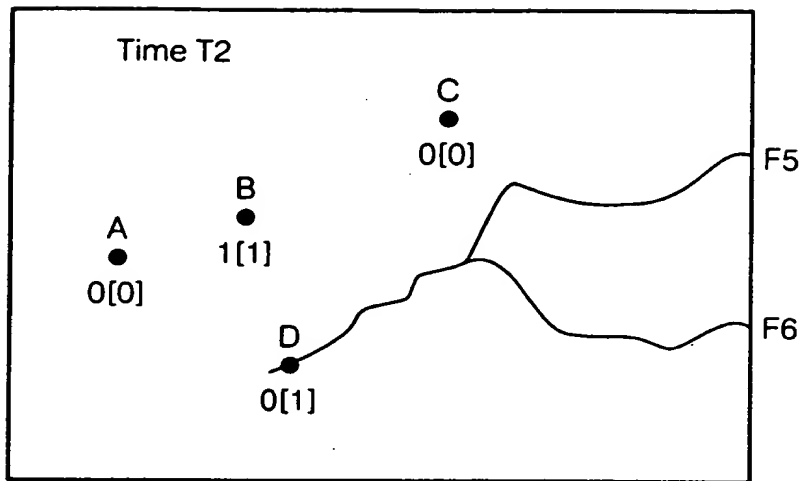
【図 1 4】



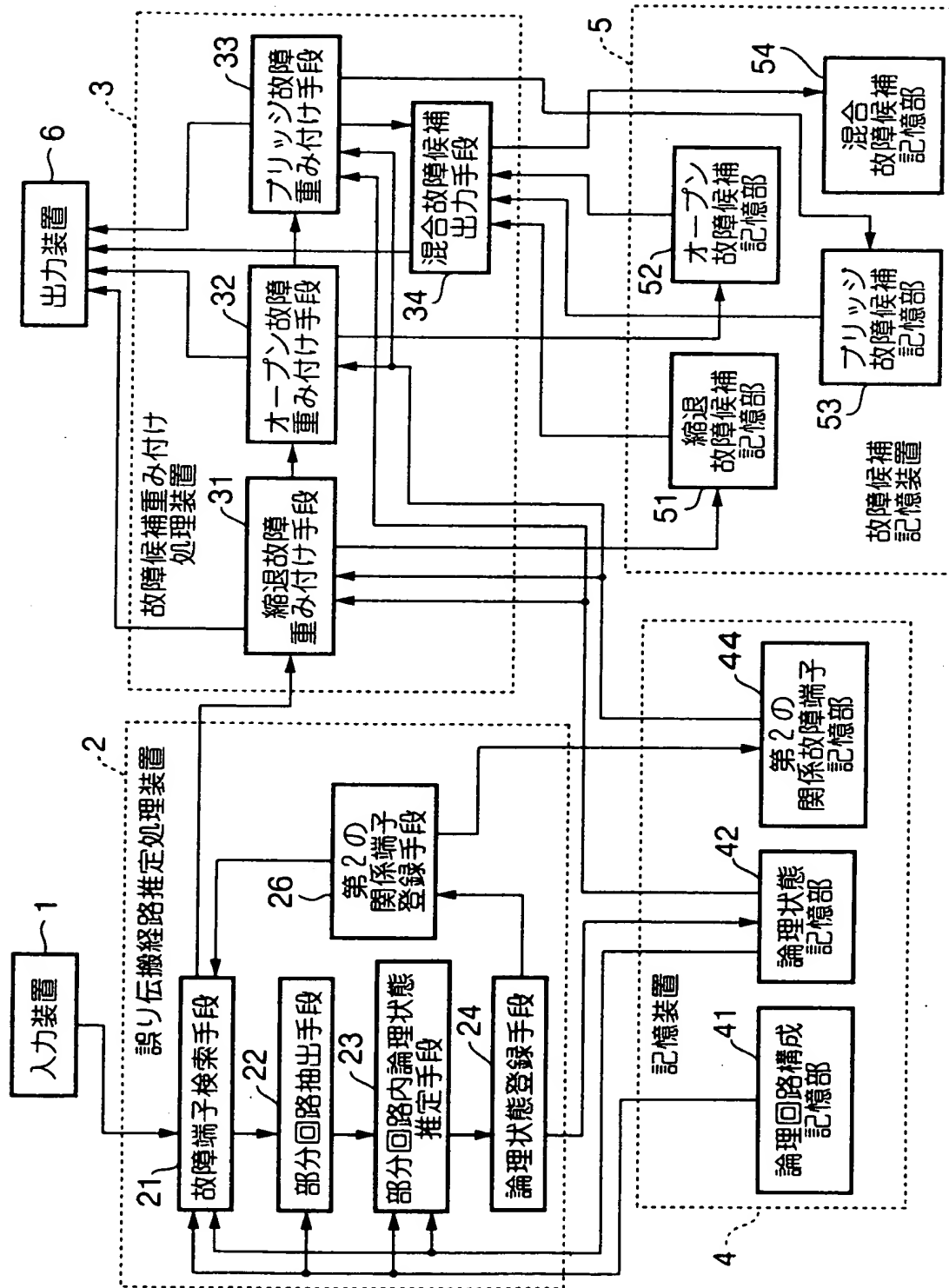
【図 1 5】



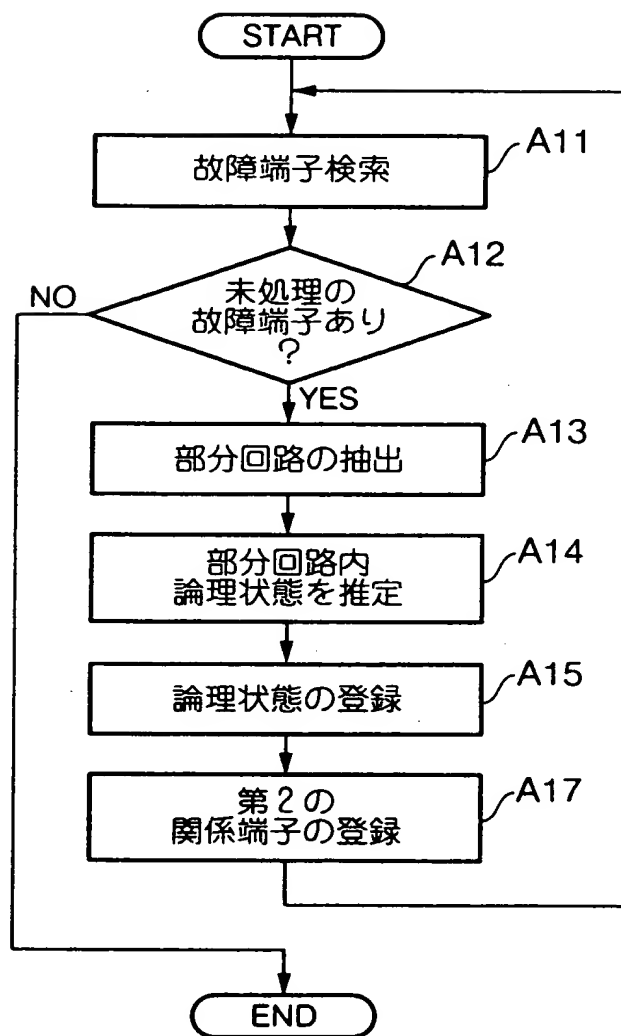
【図 1 6】



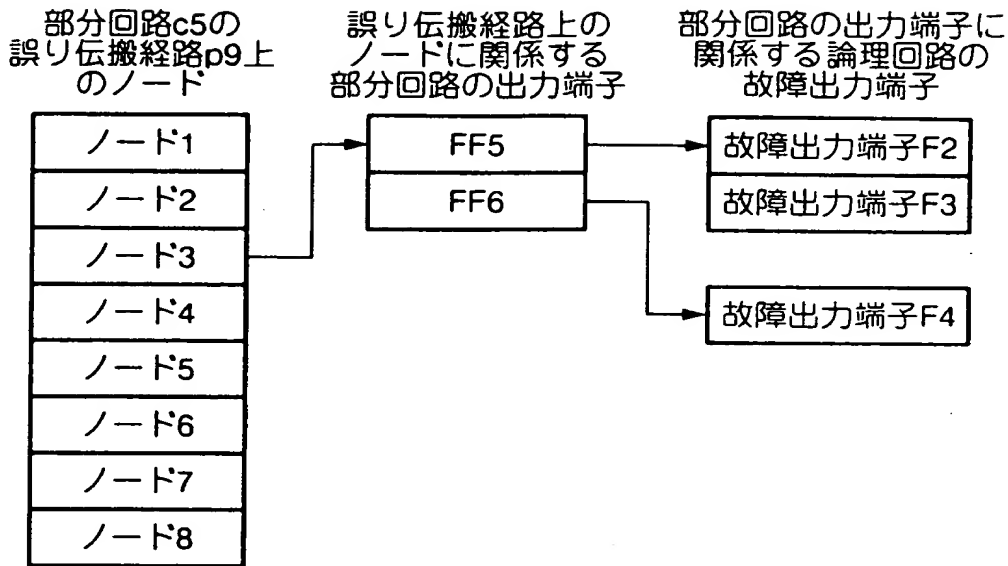
【図 1 7】



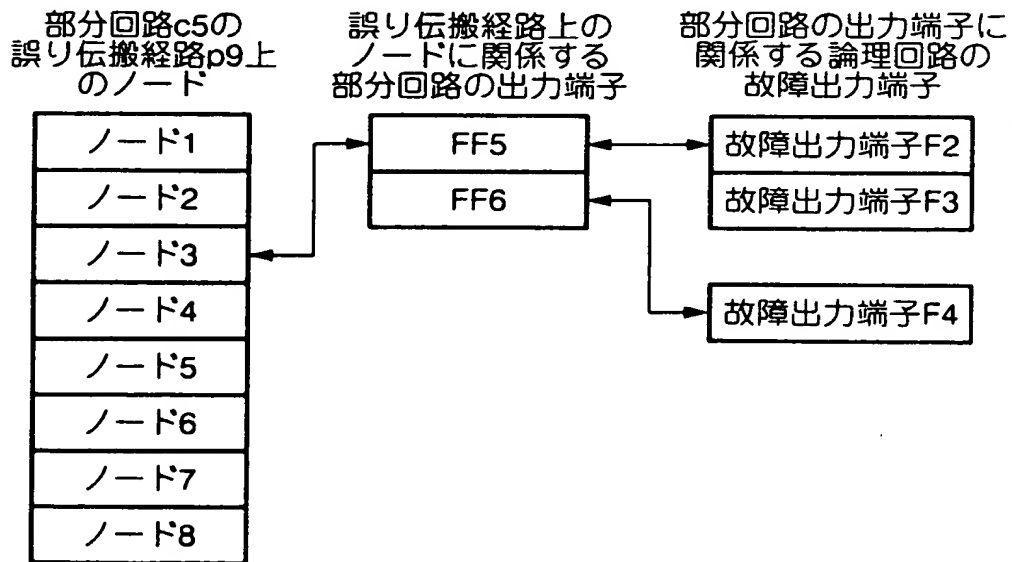
【図 1 8】



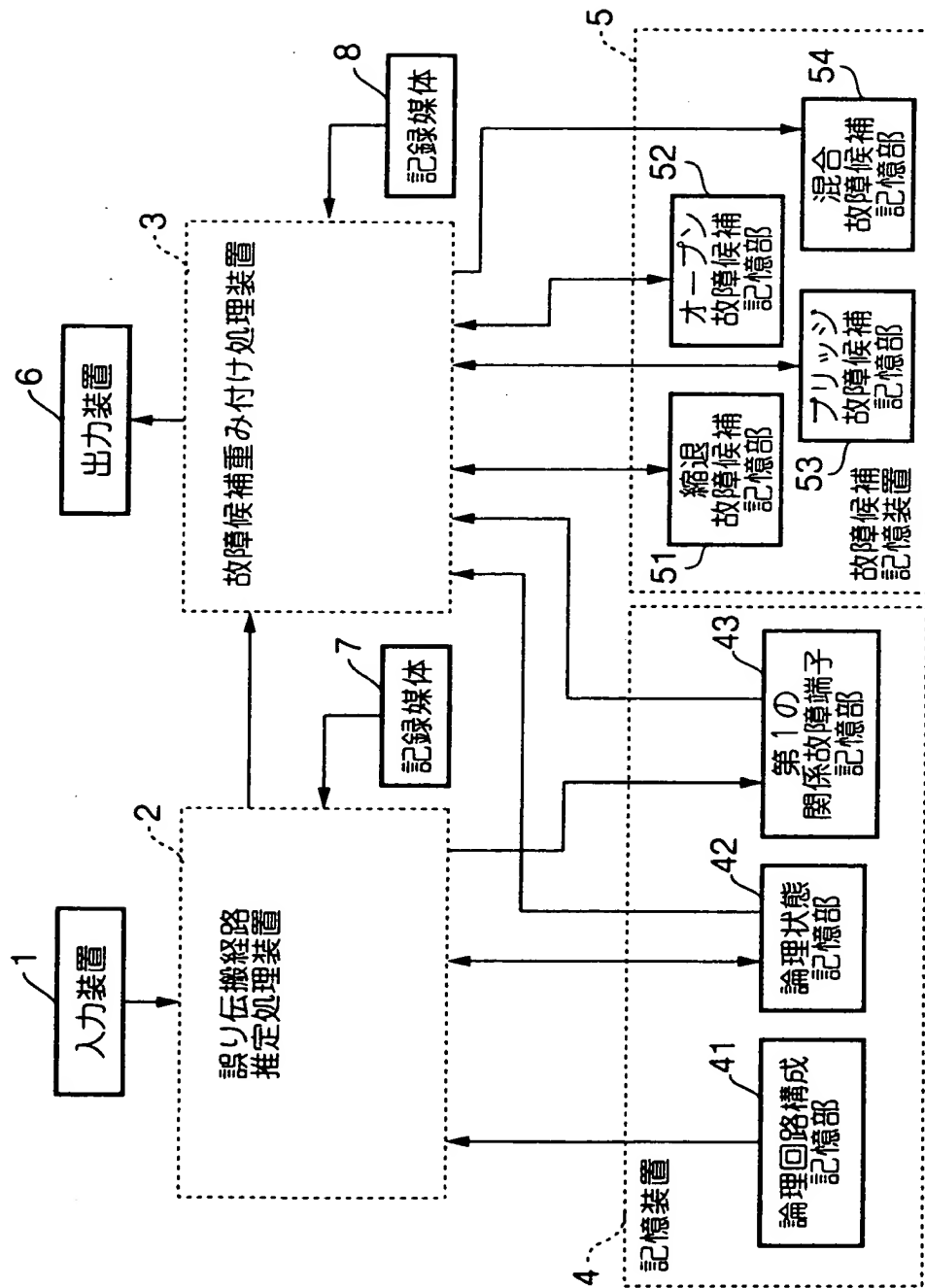
【図 1 9】



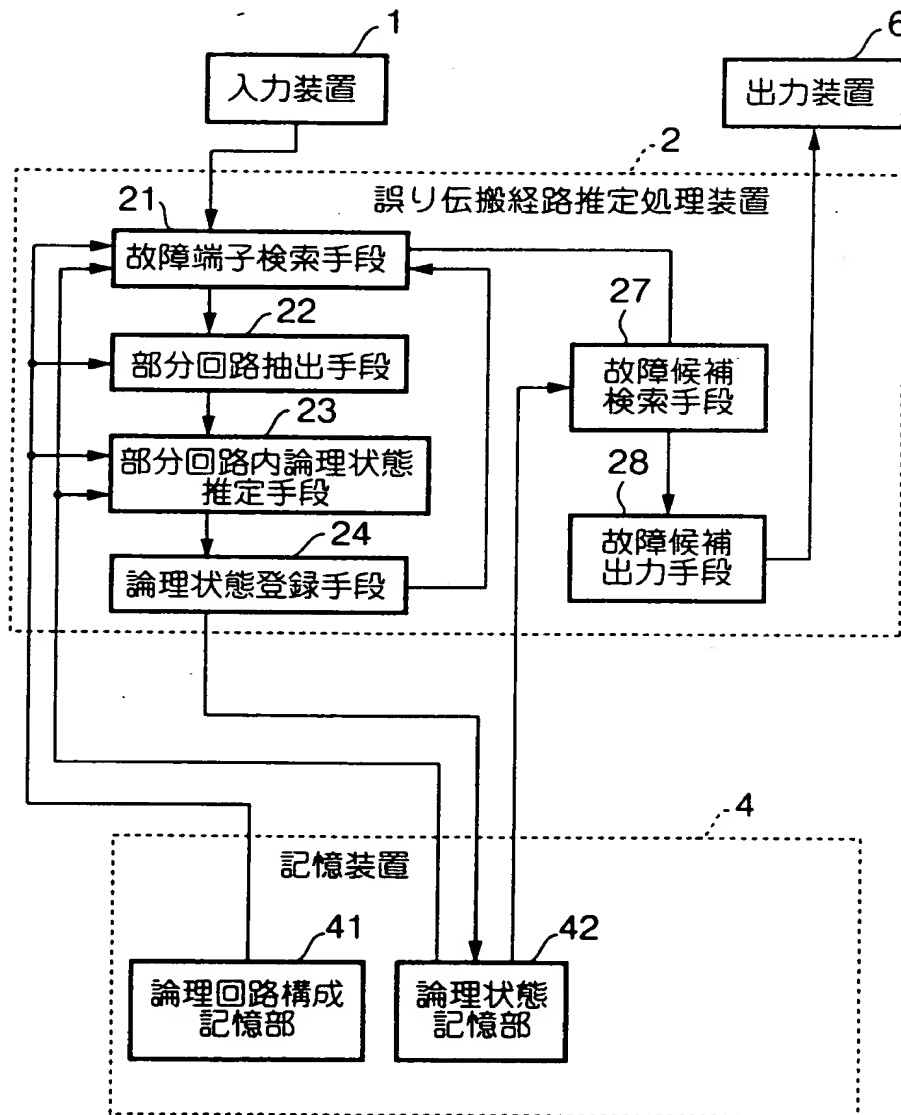
【図 2 0】



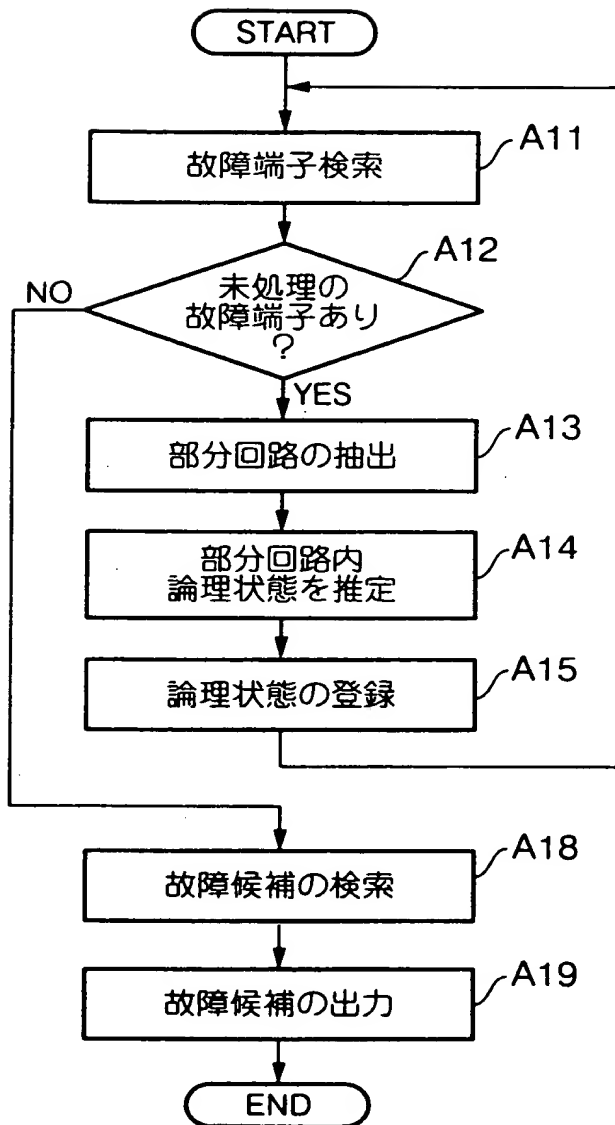
【図 21】



【図 2 2】



【図 2 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 故障端子から故障伝搬経路を追跡する場合、少ない処理時間で縮退故障やオープン故障やブリッジ故障などの故障モードの故障箇所の推定を可能とする。

【解決手段】 誤り伝搬経路推定処理装置2において、論理回路の故障出力端子から入力方向に誤り伝搬経路を推定し、故障出力に誤り状態を伝搬する可能性のある誤り伝搬経路を求める。次に、縮退故障重み付け手段31において縮退故障モードの故障候補を求め、さらに、オープン故障重み付け手段32においてオープン故障モードの故障候補を求める。そして、ブリッジ故障重み付け手段33において、ブリッジ故障モードの故障候補を求める。そして、混合故障候補出力手段34において混合故障候補を出力する。このようにして、部分回路の誤り伝搬経路上のノードにおける関係故障端子を検索し、論理値が同一であるノードの関係故障端子情報をマージすることにより故障候補リストが得られる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 0 - 1 6 0 9 8 3
受付番号	5 0 0 0 0 6 7 0 2 8 5
書類名	特許願
担当官	大井手 正雄 4 1 0 3
作成日	平成 1 2 年 6 月 6 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000004237
【住所又は居所】	東京都港区芝五丁目 7 番 1 号
【氏名又は名称】	日本電気株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100108578
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 O R ビ ル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】	高橋 詔男
----------	-------

【代理人】

【識別番号】	100064908
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 O R ビ ル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】	志賀 正武
----------	-------

【選任した代理人】

【識別番号】	100101465
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 O R ビ ル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】	青山 正和
----------	-------

【選任した代理人】

【識別番号】	100108453
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場 3 丁目 2 3 番 3 号 O R ビ ル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】	村山 靖彦
----------	-------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日 1990年 8月29日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都港区芝五丁目7番1号
氏 名 日本電気株式会社